

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19)世界知的所有権機関
国際事務局



(43)国際公開日
2004年9月2日 (02.09.2004)

PCT

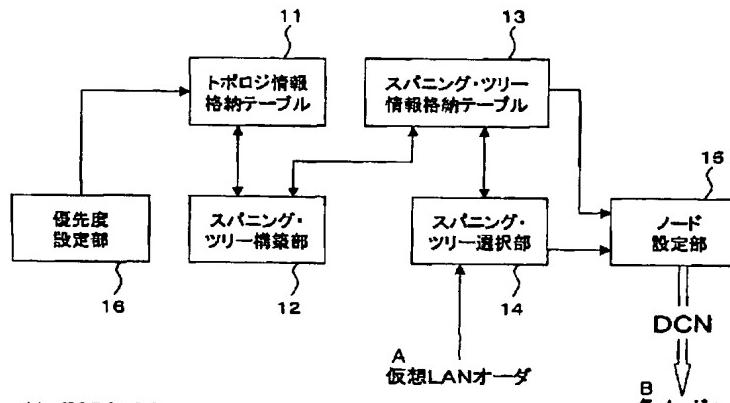
(10)国際公開番号
WO 2004/075486 A1

- (51)国際特許分類: H04L 12/46
- (21)国際出願番号: PCT/JP2003/001797
- (22)国際出願日: 2003年2月19日 (19.02.2003)
- (25)国際出願の言語: 日本語
- (26)国際公開の言語: 日本語
- (71)出願人(米国を除く全ての指定国について): 富士通株式会社(FUJITSU LIMITED) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 Kanagawa (JP).
- (72)発明者; および
- (75)発明者/出願人(米国についてのみ): 永田晃 (NAGATA,Akira) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 中後明 (CHUGO,Akira) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 宮崎啓二 (MIYAZAKI,Keiji) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 上野仁 (UENO,Hitoshi) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 杉田清 (SUGITA,Kiyoshi) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 小野寺貢志 (ONODERA,Takashi) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 大橋正彦 (OHASHI,Masahiko) [JP/JP];

(続葉有)

(54) Title: VIRTUAL LAN BUILDING DEVICE

(54)発明の名称: 仮想LAN構築装置



- 11...TOPOLOGY INFORMATION STORAGE TABLE
13...SPANNING TREE INFORMATION STORAGE TABLE
16...PRIORITY SETTING UNIT
12...SPANNING TREE BUILDING UNIT
14...SPANNING TREE SELECTION UNIT
15...NODE SETTING UNIT
A...VIRTUAL LAN ORDER
B...TO EACH NODE

WO 2004/075486 A1

(57) Abstract: A spanning tree building unit (12) builds a plurality of spanning trees according to the network topology and registers them in a spanning tree information storage table (13). A spanning tree selection unit (14) selects a spanning tree in which the communication resource is utilized most effectively from the plurality of spanning trees registered in the spanning tree information storage table (13). A node setting unit (15) sets mapping information between the requested virtual LAN and the selected spanning tree in each node.

(57) 要約: スパニング・ツリー構築部(12)は、ネットワークのトポロジに基づいて複数のスパニング・ツリーを構築し、スパニング・ツリー情報格納テーブル(13)に登録する。スパニング・ツリー選択部(14)は、スパニング・ツリー情報格納テーブル(13)に登録されている複数のスパニング・ツリーの中から、通信

(続葉有)



〒540-0001 大阪府 大阪市 中央区城見2丁目2番53号
富士通関西中部ネットテック株式会社内 Osaka (JP).

(81) 指定国(国内): CN, JP, US.

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(74) 代理人: 大菅 義之 (OSUGA,Yoshiyuki); 〒102-0084 東
京都 千代田区 二番町8番地20 二番町ビル3F Tokyo
(JP).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイドスノート」を参照。

明細書

仮想 LAN 構築装置

5 技術分野

本発明は、仮想 LAN を構築する装置および方法、並びに仮想 LAN サービスを提供するネットワークシステムに係わり、特に、複数スパニング・ツリー・プロトコルを利用して仮想 LAN を構築する装置および方法、並びに複数スパニング・ツリー・プロトコルを利用して仮想 LAN サービスを提供するネットワークシステムに係わる。

背景技術

近年、I E E E 委員会が標準化したイーサネット（登録商標）技術のギガビットクラスの実用化により、比較的広いエリアに渡ってイーサネットを利用した仮想 LAN (VLAN) サービスまたは仮想私設網 (VPN) を提供するサービスが注目されている。そして、このようなサービスを提供するための通信ネットワークは、一般に、多数のノード（ブリッジ・ノード）がメッシュ状に接続されることにより構築されている。

各ノードは、例えばスイッチであり、通常、複数の入出力ポートを備えている。このため、トラヒックが流れる経路が制限されないものとすると、トラヒックがループ状の経路を巡回してしまい、ネットワーク全体としてトラヒックが増加する現象が起こり得る。そして、極端な場合、トラヒックを伝送するためのフレームがループ状の経路を巡回するトラヒックによって満たされてしまい、ネットワークがその通信能力を失してしまうことがある。

従って、この種のブリッジ・ネットワークでは、リンクによるループの形成

を回避する必要がある。そして、このための技術として、IEEE 802.1d 準拠のスパニング・ツリー・プロトコル (STP : Spanning Tree Protocol) が知られている。

- スパニング・ツリー・プロトコルでは、まず、根ノード (root node) が決定
5 され、その根ノードからツリー状にリンクを選択していくことによりスパニング・ツリーが定義される。そして、各ノードは、その定義されたスパニング・ツリーに含まれるリンク以外のリンクにトラヒックが流れることを禁止するよう¹⁰に動作する。この動作は、例えば、各ノードにおいて、スパニング・ツリーに含まれていないリンクから受信したトラヒックを廃棄することにより実現される。そして、このような手順により、ループが形成されることが回避されている。

また、スパニング・ツリー・プロトコルは、ノード障害が発生した時に、ノード間で自律的にツリーの再構築を行う機能を有しているので、ネットワークを運用／管理するうえで大変有用であり、ブリッジ・ネットワークで広く用い¹⁵られている。

ところで、ブリッジ・ネットワークを用いて仮想 LAN サービスを提供する場合、サービスを受けるユーザのトラヒックは、ユーザを収容するノード間を、スパニング・ツリー・プロトコルによって設定されたツリーに沿って流れることになる。ところが、スパニング・ツリー・プロトコルでは、ネットワーク中²⁰で全く使用されないリンクが存在することがある。そして、このことは、ネットワークを運用するうえで有益ではなく、スパニング・ツリー・プロトコルの改善すべき問題点である。

IEEE 802.1s では、スパニング・ツリー・プロトコルの改良型プロトコルとして、複数スパニング・ツリー・プロトコル (MSTP : Multiple STP)²⁵ が標準化されている。ここで、複数スパニング・ツリー・プロトコルは、与え

- られたネットワークに対して互いに異なる複数のツリーを設定し、且つこれらを同時に運用することを可能にするプロトコルである。そして、このプロトコルを利用すれば、ネットワークリソースの有効利用を図ることができると考えられている。ただし、複数スパニング・ツリー・プロトコルによるツリーの構築方法の詳細については、IEEEの規定外であり、その具体的な手法は、まだ決定されていない。

また、仮想LANトラヒックの流れる経路（仮想LANトポロジ）は、スパンニング・ツリーに沿ってユニークに決定される。このため、スパンニング・ツリーが1つしか設定されないネットワークにおいては、ネットワーク管理者が仮想LANトポロジを設計する必要は無い。しかし、複数スパニング・ツリー・プロトコルが動作するネットワークでは、複数のツリーが設定され得るので、互いに異なる複数の仮想LANトポロジが存在し得ることになる。したがって、ネットワーク管理者は、どのような構造のツリーに仮想LANトラヒックを収容するか、すなわち仮想LANトポロジをどのように設計するかを決定する必要がある。

ネットワーク資源が有效地に利用されるように仮想LANトポロジを設計するためには、例えば、下記（1）～（4）の手順でスパンニング・ツリーの構築および仮想LANトポロジの設計を行えばよいと考えられる。

- (1) リンク毎に所定の通信パラメータに基づくコストを定義する。ここで、リンクのコストは、その通信パラメータに対して正の相関を持つ単調増加関数とする。
- (2) 与えられた仮想LANのユーザ収容ノードを最小コストで結ぶサブ・ツリーを構築し、これを仮想LANトポロジとする。
- (3) 上記（2）で得られた仮想LANトポロジに従ってスパンニング・ツリーを構築する。

(4) 上記(3)で得られたスパンギング・ツリーに、与えられた仮想LANトライピックを収容する。

- 上記(1)のコストを定義するための情報は、例えば、ネットワーク管理者によりキーボード等を利用して設定される。ただし、ネットワーク上にネット
5 ワークの運用に係わる統計情報を収集する装置を設け、その装置から各ノードに必要な情報が設定されるような形態も考えられる。この形態は、例えば、特定のノードが統計情報を収集し、各ノードに設定情報を返すことにより実現可能である。

- 上記(2)の手順は、ネットワーク内的一部のノードを結ぶサブ・ツリーを
10 求めるスタイナー・ツリー問題であり、実時間で解く方法が存在しないので、ヒューリスティックな手法を用いて検索される。

- 最小コストのサブ・ツリーを検索する方法としては、例えば、スタイナー・ツリー問題のヒューリスティック解法として広く用いられている、Rayward-Smith法(以下、RS法)を用いることができる。RS法では、まず、求めるサブ・ツリーに含まれるべきノード(この場合、ユーザを収容する2個以上のノード)からなる複数の単一ノードツリーの集合を用意する。次に、各単一ノードツリーの集合に含まれているノード以外のノード(中継ノードと呼ぶ)を1つずつ選択してゆき、これらを経由して単一ノードツリー同士を結ぶことにより1つのツリーを構築する。そして、全ての単一ノードツリーの集合が1つのツリーに含まれたら検索処理を終了する。ここで、選択される中継ノードには、ツリーに追加される際にリンクコストの増加が最小となるノードが選ばれる。すなわち、各ユーザ収容ノードと中継ノードとの間のリンクコストの和をユーザ収容ノード数で割った値が最小となるノードが選ばれる。この結果、最小コストのサブ・ツリーを発見することができる。
- 25 RS法によりユーザ収容ノードを含む最小コストのサブ・ツリー(仮想LA

Nトポロジ)を得たら、仮想LANトポロジに含まれていない残りのノードを、上記(2)の仮想LANトポロジに追加する際にコストの増加が小さいものから順に上記仮想LANトポロジに1つずつ加えていく。このとき、閉路が形成されないことを前提とする。ここで、この手順は、例えば、J. B. KruskalのアルゴリズムやR. S. Primのアルゴリズムにより実現される。
そして、全てのノードがツリーに含まれたら、これをスパニング・ツリーとする。

以上の手順により得られたスパニング・ツリーに仮想LANを収容することにより、ネットワーク資源の有効利用を図ることができる。

10 なお、複数スパニング・ツリー・プロトコルについては、非特許文献1に詳しく記載されている。ただし、このプロトコルは、新しい技術であり、現時点での公開されている特許文献は発見されなかった。また、RS法については、非特許文献2に記載されている。

非特許文献1

15 IEEE P802.1s/D15 「Multiple Spanning Trees」

非特許文献2

IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS Vol.6
No.9 December 1988 p.1717-1622 "Routing of Multipoint Communications"
(Bernard M. Waxman)

20 ところが、上述の手法で仮想LANトポロジの設計を行った場合、RS法による最小コストのサブ・ツリーの探索は、ネットワーク内の全ノード数に対するサブ・ツリーに含まれるノード数の割合が大きくなるほど、その探索計算時間が指數関数的に増加することが知られている。このため、ユーザから仮想LANの構築の要求を受けたときにこの検索処理を行うと、仮想LANサービスの提供を開始するまでに要する時間が非常に大きくなり、ユーザを収容するノ

ード数が多いときはネットワークが不安定になる。また、スパンニング・ツリーは、必要な情報がノードに設定されてからサービスの運用が可能になるまでに数秒～数10秒程度を要するため、仮想LANユーザ個々に新規にスパンニング・ツリーを設定すると、サービス提供の開始までにさらに待ち時間が発生する。

さらに、RS法による探索では、最小コストサブ・ツリーを探索することはできるが、任意のn番目にコストの小さいサブ・ツリーを探索することは不可能である。このため、RS法でスパンニング・ツリーを検索する方法では、経路上のリンクの空き帯域が不足しているために要求された仮想LANサービスを10 収容できなかった場合に、通信資源が有効に利用されるような代替の仮想LANトポロジおよび／またはスパンニング・ツリーを設計することができない。

発明の開示

本発明の目的は、複数スパンニング・ツリー・プロトコルを利用するネットワークにおいて、仮想LANサービスの提供の開始までに要する時間を短縮することである。また、本発明の他の目的は、複数スパンニング・ツリー・プロトコルを利用するネットワークにおいて、通信資源の有効利用を図ることである。

本発明の仮想LAN構築装置は、複数のノードが接続されたネットワークに仮想LANを構築する装置であって、上記ネットワークのトポロジを表すトポロジ情報を格納するトポロジ情報格納手段と、上記トポロジ情報格納手段に格納されているトポロジ情報を参照して複数のスパンニング・ツリーを構築するスパンニング・ツリー構築手段と、上記スパンニング・ツリー構築手段により構築された複数のスパンニング・ツリーのそれぞれを表すスパンニング・ツリー情報を格納するスパンニング・ツリー情報格納手段と、上記スパンニング・ツリー情報格納手段に格納されているスパンニング・ツリー情報により表される複数のスパンニ

グ・ツリーの中から要求された仮想 LAN に対応するスパニング・ツリーを選択するスパニング・ツリー選択手段と、スパニング・ツリー情報格納手段に格納されているスパニング・ツリー情報および上記スパニング・ツリー選択手段により選択されたスパニング・ツリーと上記要求された仮想 LAN との対応関係を表すマッピング情報を上記複数のノードに設定するノード設定手段、を有する。

- 5 グ・ツリーの中から要求された仮想 LAN に対応するスパニング・ツリーを選択するスパニング・ツリー選択手段と、スパニング・ツリー情報格納手段に格納されているスパニング・ツリー情報および上記スパニング・ツリー選択手段により選択されたスパニング・ツリーと上記要求された仮想 LAN との対応関係を表すマッピング情報を上記複数のノードに設定するノード設定手段、を有する。

- この発明においては、予め複数のスパニング・ツリーが用意される。そして、仮想 LAN オーダを受け付けると、上記複数のスパニング・ツリーの中から 1 つスパニング・ツリーが選択され、そのツリー上に仮想 LAN が収容される。このため、仮想 LAN オーダを受け付ける毎に新たにスパニング・ツリーを構築する必要が無く、仮想 LAN の設計に要する時間、および実際に仮想 LAN サービスを提供できるようになるまでの時間が短縮される。

- 上記仮想 LAN 構築装置において、上記トポロジ情報格納手段に格納されているトポロジ情報に上記複数のノード間の各リンクの優先度を表すリンク優先度情報を付加するリンク優先度設定手段をさらに有し、上記スパニング・ツリー構築手段が、上記リンク優先度情報を参照して複数のスパニング・ツリーを構築するようにしてもよい。この発明によれば、各リンクの優先度に応じたスパニング・ツリーが使用されるので、各リンクの優先度に応じた仮想 LAN を提供することができる。

- 20 上記リンク優先度設定手段は、ネットワーク管理者の指示に基づいて、上記各リンクに対してリンク優先度情報を付加するようにしてもよい。この場合、ネットワーク管理者により指定されたリンクに優先的に仮想 LAN トラヒックを収容することができる。

- また、上記リンク優先度設定手段は、各リンクの帯域幅に基づいて、それら 25 各リンクに対してリンク優先度情報を付加するようにしてもよい。この場合、

帯域幅の大きいリンクの優先度を高くすれば、帯域幅の大きいリンクを優先的に利用してスパニング・ツリーが構築されるので、仮想LANトラヒックが帯域幅の大きいリンクに優先的に収容されることになり、特定のリンクが帯域不足になることが回避される。

- 5 なお、伝送遅延時間の小さいリンクの優先度の高くすれば、エンドーエンドの伝送遅延時間を低く抑えた仮想LANを提供できる。また、利用料金の安いリンクの優先度の高くすれば、仮想LANサービス提供者は、安価なリソース利用料金で仮想LANサービスを提供できる。

上記スパニング・ツリー構築手段は、各リンクが少なくとも1回はいずれか
10 のスパニング・ツリーに含まれるように上記複数のスパニング・ツリーを構築するようにしてもよい。この場合、全く使用される可能性のないリンクが存在しなくなるので、通信資源の無駄が少なくなる。

上記スパニング・ツリー選択手段は、要求された仮想LANを収容した際にトータルホップ数が最小となるスパニング・ツリーを選択するようにしてもよい。この場合、仮想LANトラヒックを流すリンクの数が少なくなるので、ネットワーク全体でトラヒック量を減らすことができ、限られた通信資源により多くの仮想LANを収容できるようになる。また、仮想LANごとに管理する情報（リンクの数）が減るので、仮想LANサービス提供者が用いるシステムに必要なメモリ量を減らすことができ、システムを安価に構築できる。

20 また、上記スパニング・ツリー選択手段は、要求された仮想LANを収容した際に各リンクに新たに割り当てるべき帯域の和が最小となるスパニング・ツリーを選択するようにしてもよい。この場合も、同様に、ネットワーク全体でトラヒック量を減らすことができる。また、仮想LANの帯域サービスとして、フルメッシュ接続、スター接続など様々な形態が想定されるが、この発明によ
25 れば、帯域サービスの内容を考慮してスパニング・ツリーが選択されるので、

ユーザの要求に好適な仮想LANを提供できる。

- さらに、上記スパニング・ツリー選択手段は、要求された仮想LANを収容した際にネットワーク全体のリンク利用率のばらつきが最小となるスパニング・ツリーを選択するようにしてもよい。この場合、ネットワークを流れるトラヒック量が均一化されるので、局所的な帯域不足により特定のノード間を接続する仮想LANを収容できないという事態が回避される。すなわち、限られた通信資源でより多くの仮想LANを収容できる。
- 5

- なお、収容すべき仮想LANが要求する帯域と各リンクに既に割り当てられている帯域との和に基づいて、上記リンク利用率を算出するようにしてもよい。
- 10 この場合、各仮想LANサービスの要求帯域の累積値によりリンク利用率を求めることができるので、定期的なリンク情報の収集が必要なくなり、運用が容易となる。あるいは、収容すべき仮想LANが要求する帯域と各リンク上で実際に使用されている帯域との和に基づいて、上記リンク利用率を算出するようにしてもよい。この場合、実際には使用されていない帯域を他の仮想LANに
- 15 割り当てることができるので、帯域非保証型トラヒック（ベストエフォート型サービスのトラヒック）を効率的に収容できる。

- さらに、上記スパニング・ツリー選択手段は、要求された仮想LANを収容した際に仮想LANトラヒックが流れる経路の伝送遅延時間の和が最小となるスパニング・ツリーを選択するようにしてもよい。この場合、選択可能なスパニング・ツリーの中から、各仮想LANを最小の伝送遅延で収容できるスパニング・ツリーが選択される。すなわち、音声や動画像などの遅延に厳しいアプリケーションを使うユーザを収容できる。
- 20

- さらに、上記スパニング・ツリー選択手段は、要求された仮想LANを収容した際に仮想LANトラヒックが流れる経路の利用料金の和が最小となるスパニング・ツリーを選択するようにしてもよい。この場合、運用コストを抑えら
- 25

れるため、例えば、他社の回線を借りてサービス提供している事業者にとって経済面で有効である。

図面の簡単な説明

- 5 図1は、本発明の実施形態のネットワーク構成図である。
図2は、ネットワーク管理システムの構成図である。
図3は、トポロジ情報格納テーブルの例である。
図4は、スパニング・ツリー情報格納テーブルの構成を示す図である。
図5は、更新されたスパニング・ツリー情報格納テーブルの例（その1）であ
10 る。

図6は、構築されたスパニング・ツリーの例である。
図7は、更新されたスパニング・ツリー情報格納テーブルの例（その2）であ
る。
図8は、更新されたスパニング・ツリー情報格納テーブルの例（その3）であ
15 る。

図14は、ノード設定部の基本動作を示すフローチャートである。

図15は、第1の実施例におけるトポロジ情報格納テーブルの構成を示す図である。

図16は、各リンクの優先度を決定する処理を説明する図である。

5 図17は、優先度の高いリンクを利用してスパニング・ツリーを構築する手順を説明する図である。

図18は、優先度の高いリンクを利用してスパニング・ツリーを構築する際に使用されるテーブルの例である。

10 図19は、第1の実施例におけるスパニング・ツリー構築部の動作の要部を示すフローチャートである。

図20～図23は、それぞれ、優先度設定部の動作を示すフローチャートである。

図24は、リンク選択回数を参照して複数のスパニング・ツリーを構築する手順を説明する図である。

15 図25は、リンク選択回数を考慮して構築されたスパニング・ツリーの例である。

図26は、第2の実施例におけるスパニング・ツリー構築部の動作の要部を示すフローチャートである。

図27は、第3の実施例におけるトポロジ情報格納テーブルの例である。

20 図28は、ホップ数管理テーブルの例である。

図29は、スパニング・ツリー情報格納テーブルの例である。

図30は、予め構築されているスパニング・ツリーの例である。

図31は、増加帯域管理テーブルの例である。

図32は、第4の実施例においてスパニング・ツリーを選択する動作を説明

25 するための図である。

図33は、ばらつき管理テーブルの例である。

図34は、リンク利用率のばらつきについて説明する図である。

図35は、第3～第5の実施例におけるスパンニング・ツリー選択部の動作を示すフローチャートである。

5 図36および図37は、それぞれ、図35に示すフローチャートの要部を説明する図である。

図38および図39は、それぞれ、シミュレーションの結果を説明する図である。

10 図40は、ネットワーク管理システムとして動作するコンピュータのハードウェア構成図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施形態について説明する。

15 図1は、本発明の実施形態のネットワーク構成図である。ここでは、複数のプリッジ・ノード（ノードA、ノードB、ノードC、ノードD）、それら複数のプリッジ・ノード間を接続するリンク、およびネットワーク管理システム1が描かれている。なお、図1では、説明を簡単にするために、4台のノードを有するネットワークが描かれているが、ノードの数は特に限定されるものではない。

20 各ノードは、例えば、スイッチであり、複数スパンニング・ツリー・プロトコル（MSTP : Multiple Spanning Tree Protocol）をサポートしている。また、各ノードは、それぞれ、複数の入出力ポートを備えている。さらに、各ノードは、ネットワーク管理システム1からの指示に従って入出力ポートの開／閉を制御する機能を備えている。

25 ノード間は、通信回線（リンク）により接続されている。図1では、ノード

Aのポート1とノードBのポート1とを接続するリンク、ノードAのポート2とノードCのポート1とを接続するリンク、ノードAのポート3とノードDのポート1とを接続するリンク、ノードBのポート2とノードCのポート2とを接続するリンク、及びノードCのポート3とノードDのポート2とを接続するリンクが設けられている。そして、これらのノードおよびリンクにより、ブリッジ・ネットワークが構成されている。

ネットワーク管理システム1は、1台または複数台のコンピュータにより実現され、上述のブリッジ・ネットワーク上に仮想LANを構築する機能を備えている。すなわち、ネットワーク管理システム1は、仮想LAN構築装置として動作する。また、ネットワーク管理システム1は、公知の技術であるDCN (Data Communication Network) を利用して、各ノードを制御するための情報を送信する機能を備えている。即ち、ネットワーク管理システム1は、DCNを介して、Telineにより、各ノードへ統計情報を収集するためのコマンドや各種制御コマンドを送信することができる。なお、ネットワーク管理システム1は、図1においてはノードAのみに接続されているが、ノードA～ノードDにそれぞれ接続されていてもよい。また、ネットワーク管理システム1と各ノードとの間の通信方式は、特に限定されるものではない。

図2は、ネットワーク管理システム1の構成図である。ただし、図2では、仮想LAN構築装置として動作する部分の機能ブロックのみが描かれている。

トポロジ情報格納テーブル11は、図1に示すネットワークのトポロジを表すトポロジ情報を格納する。ここで、トポロジ情報は、例えば、ネットワーク管理者により入力される。あるいは、ネットワーク管理システム1から各ノードに対してネットワークのトポロジを調べるためのメッセージを送信し、そのメッセージに対する各ノードからの応答に基づいてトポロジ情報が収集されるようにもよい。

スパニング・ツリー構築部 1 2は、トポロジ情報格納テーブル 1 1に格納されているトポロジ情報を参照して複数のスパニング・ツリーを構築する。スパニング・ツリー情報格納テーブル 1 3は、スパニング・ツリー構築部 1 2により構築された複数のスパニング・ツリーのそれぞれを表すスパニング・ツリー情報を格納する。すなわち、スパニング・ツリー情報格納テーブル 1 3には、複数のスパニング・ツリーが登録される。

スパニング・ツリー選択部 1 4は、スパニング・ツリー情報格納テーブル 1 3に格納されているスパニング・ツリー情報により表される複数のスパニング・ツリーの中から、ユーザからの仮想 LAN オーダに対応するスパニング・ツリーを選択する。ここで、仮想 LAN オーダは、ユーザにより要求される仮想 LAN を表す情報であって、そのユーザを収容するノードを識別する情報、および帯域（あるいは、トラヒック量）を表す情報などを含む。

ノード設定部 1 5は、スパニング・ツリー情報格納テーブル 1 3に格納されているスパニング・ツリー情報、およびスパニング・ツリー選択部 1 4により選択されたスパニング・ツリーと仮想 LAN オーダにより要求された仮想 LANとの対応関係を表すマッピング情報を、ノードA～ノードDに設定する。

優先度設定部 1 6は、トポロジ情報格納テーブル 1 1に格納されているトポロジ情報に、ノード間の各リンクの優先度を表すリンク優先度情報を付加する。ここで、リンク優先度情報は、例えば、ネットワーク管理者により入力される。あるいは、各リンクの帯域幅、各リンクの伝送遅延時間、各リンクの利用料金に基づいてリンク優先度情報が生成されるようにしてもよい。

図 3 は、トポロジ情報格納テーブル 1 1 の例である。ここでは、図 1 に示すブリッジ・ネットワークのトポロジを表すトポロジ情報が格納されている。たとえば、第 1 行目の記述は、ノード A がノード B に接続されており、その間のリンクのコストが「10」であることを表している。なお、「コスト」とは、各

リンクの重みを表すパラメータであり、例えば、各リンクの通信帯域により決められる。この場合、通信帯域が大きいほど、コストが小さくなるものとする。

図4は、スパンニング・ツリー情報格納テーブル13の構成を示す図である。ここで、スパンニング・ツリー情報格納テーブル13は、図4(a)に示すスパンニング・ツリーテーブル、および図4(b)に示す根ノード管理テーブルを含む。

スパンニング・ツリーテーブルには、各スパンニング・ツリーを識別するスパンニング・ツリー識別子(MSTID)、および各スパンニング・ツリーに属するノードの接続関係を表す情報が登録される。一方、根ノード管理テーブルは、複数のスパンニング・ツリーを順番に構築していく際に、構築すべきスパンニング・ツリーの根ノードを管理するために使用される。

次に、スパンニング・ツリーを構築する手順を説明する。なお、ここでは、図1に示すブリッジ・ネットワークにおいて複数のスパンニング・ツリーを構築するものとする。

スパンニング・ツリー構築部12は、まず、トポロジ情報格納テーブル11を参照し、根ノードを決定する。複数のノードの中から根ノードを決定する方法は、特に限定されるものではなく、例えば、ランダムに選択される。ここでは、ノードAが根ノードとして選択されたものとする。この場合、根ノード管理テーブルは、図5(b)に示すように設定される。なお、「優先度=1」は、根ノードとして選択されたことを表す。また、根ノード以外のノードには、「優先度=10」が付与される。

次に、スパンニング・ツリー構築部12は、図3に示すトポロジ情報格納テーブル11および図5(b)に示す根ノード管理テーブルを参照し、ノードAを根ノードとするスパンニング・ツリーを1つ構築する。ここで、スパンニング・ツリーの構築は、例えば、公知の技術であるIEEE802.1Dに記載の方法(ダイクストラアルゴリズム)により実現される。そして、この結果、図6(a)

に示すスパニング・ツリーが構築される。すなわち、ノードB-C間のリンク、およびノードC-D間のリンクがD i s a b l e (使用禁止) 状態となっているスパニング・ツリーが構築される。そうすると、スパニング・ツリーテーブルには、図5 (a) に示す情報が登録される。なお、この情報は、「M S T I D 5 = 1」により識別されるスパニング・ツリーが、ノードA-B間のリンク、ノードA-D間のリンク、ノードA-C間のリンクを含んでいることを表している。

なお、D i s a b l e 状態のリンクには、対応するトラヒックが流れないことが望ましい。ところが実際は、スパニング・ツリーに含まれていないリンク 10 (以下、D i s a b l e リンク) の上流側のノードからそのリンクを介してフレームが送出されることがある。そして、この場合、そのD i s a b l e リンクの下流側のノードがそのフレームを廃棄することで、ループが形成されることを回避している。このように、D i s a b l e リンクは、何らかのトラヒックが流れる場合であっても、そのトラヒックがさらに転送されることはない 15 ので、「有効に利用されていないリンク」となる。ただし、I E E E 8 0 2 . 1 Qにおいて規定されているG V R Pプロトコルを利用すれば、スパニング・ツリーに含まれていないリンクを介してトラヒックを送信することを停止できる。

続いて、スパニング・ツリー構築部12は、新たな根ノードを選択する。ここで、根ノードとしてノードBが選択され、根ノード管理テーブルが図7 (b) 20 に示す状態に更新されたものとする。この場合、スパニング・ツリー構築部12は、この根ノードに対応する新たなスパニング・ツリーを1つ構築する。この結果、図6 (b) に示すスパニング・ツリーが構築される。すなわち、ノードA-C間のリンク、およびノードC-D間のリンクがD i s a b l e (使用禁止) 状態となっているスパニング・ツリーが構築される。そうすると、スパニング・ツリーテーブルには、図7 (a) に示す情報が登録される。なお、こ 25

の情報は、「M S T I D = 2」により識別されるスパニング・ツリーが、ノード A-B 間のリンク、ノード B-C 間のリンク、ノード A-D 間のリンクを含んでいることを表している。

- さらに、スパニング・ツリー構築部 12 は、次の根ノードを選択する。ここ
5 では、根ノードとしてノード D が選択され、根ノード管理テーブルが図 8 に示す状態に更新されたものとする。そして、スパニング・ツリー構築部 12 は、この根ノードに対応する新たなスパニング・ツリーを 1 つ構築する。しかし、上述の条件でスパニング・ツリーを構築すると、結果として、図 6 (a) に示したスパニング・ツリーが得られることになる。よって、この場合、新たに構築したスパニング・ツリーは、スパニング・ツリーテーブルには登録されない。
10

なお、新たに構築されたスパニング・ツリーと先に構築されているスパニング・ツリーとが一致しているか否かは、各スパニング・ツリーに含まれているリンクを互いに比較することにより判断してもよいし、Disable 状態のリンクを互いに比較することにより判断してもよい。

- 15 また、形状の異なるスパニング・ツリーを得る方法としては、根ノードをランダムに選ぶ方法を挙げているが、他には、例えば、新たなスパニング・ツリーを構築するごとにそのスパニング・ツリーに含まれることとなったリンクのコストを一定値（例えば、1）ずつ増加させる、という方法もある。

- 以下、同様に、スパニング・ツリーを 1 つずつ構築していく。そして、スパニ
20 ニング・ツリー構築部 12 は、予め決められた数のスパニング・ツリーが構築されたとき、あるいは、スパニング・ツリーを構築する処理を所定回数（例えば、50 回）繰り返してもスパニング・ツリーテーブルが更新されなかったとき、に処理を停止する。

- 25 このように、スパニング・ツリー構築部 12 は、複数のスパニング・ツリーを構築し、それらを表すスパニング・ツリー情報をスパニング・ツリー情報格

納テーブル13に格納する。これにより、スパンギング・ツリー情報格納テーブル13には、互いに異なる複数のスパンギング・ツリーが登録されることになる。

上述のようにして複数のスパンギング・ツリーが構築されると、ノード設定部15は、それら複数のスパンギング・ツリーを表す情報を各ノードA～ノードDに設定する。具体的は、ノード設定部15は、各入出力ポートのコストを設定する。この場合、例えば、各スパンギング・ツリーごとに、スパンギング・ツリーに含まれているリンクが接続するノードの該当ポートのコストとして「1」が設定され、他のリンクが接続されているノードの該当ポートのコストとして「65535」が設定される。また、ノード設定部15は、各ノードのフォワーディングデータベース(Forwarding DB)に格納されるフォワーディング識別子(FID)と、スパンギング・ツリー識別子(MST ID)とのマッピングのための情報を設定する。なお、FIDとMST IDとのマッピングについては、IEEE 802.1sに記載されている。

図9は、各ノードA～ノードDに設定される情報の例である。ここでは、図7(a)に示すスパンギング・ツリーテーブルに従って対応する情報が設定された状態を示している。すなわち、各ノードには、図6(a)に示すスパンギング・ツリーおよび図6(b)に示すスパンギング・ツリーを表す情報が設定されている。

例えば、図6(a)に示すスパンギング・ツリーでは、ノードAのポート1とノードBのポート1との間のリンクが使用されている。従って、図9において、ノードAのポート1は、スパンギング・ツリー1として使用されるときは「コスト=1」となっている。同様に、ノードBのポート1も、スパンギング・ツリー1として使用されるときは「コスト=1」となっている。

一方、図6(a)に示すスパンギング・ツリーでは、ノードBのポート2とノードCのポート2との間のリンクは使用されていない。従って、図9において、

ノードBのポート2は、スパニング・ツリー1として使用されるときは「コスト=65535」となっている。同様に、ノードCのポート2も、スパニング・ツリー1として使用されるときは「コスト=65535」となっている。

- また、各ノードにおいて、フォワーディング識別子（FID）と、スパニング・ツリー識別子（MSTID）との対応関係が登録されている。ここでは、「FID=1」と「MSTID=1」とが対応しており、「FID=2」と「MSTID=2」とが対応している旨が登録されている。

- 上述の設定が終了すると、ネットワーク管理システム1は、仮想LANオーダの入力を待ち受ける。ここで、仮想LANオーダとは、例えば、仮想LANサービスを受けようとするユーザを収容するノードを指定する情報、およびユーザが各ノード間で使用したい帯域を申告する情報を含む。そして、ネットワーク管理システム1に仮想LANオーダが入力されると、スパニング・ツリー選択部14は、スパニング・ツリー情報格納テーブル13に登録されている複数のスパニング・ツリーの中から、仮想LANオーダにより要求された仮想LANを収容するためのスパニング・ツリーを1つ選択する。なお、スパニング・ツリーを選択する方法は、後で詳しく説明するが、ここでは特に限定しないものとし、例えば、ランダムに選ばれるものとする。

- ここで、仮想LANオーダにより、ユーザ収容ノードとしてノードBおよびノードCが指定されたものとする。また、スパニング・ツリー選択部14により、その仮想LANを収容するスパニング・ツリーとして、「MSTID=2」により識別されるスパニング・ツリー（すなわち、図6（b）に示すスパニング・ツリー）が選択されたものとする。この場合、ノード設定部15は、選択されたスパニング・ツリーを用いて仮想LANを収容するための情報を対応するノードに設定する。具体的には、ノードBおよびノードCにおいて、フォワーディング識別子FIDとスパニング・ツリー識別子MSTIDとの対応テ

一プルを参照し、仮想LAN識別子VLANIDとスパニング・ツリー識別子MSTIDとのマッピングを行う。この例では、「MSTID=2」により識別されるのスパニング・ツリーが選択されているので、まず、スパニング・ツリーアイドMSTIDに対応するフォワーディング識別子FIDとして「FID=2」が検出される。⁵そして、この検出されたフォワーディング識別子FIDに対して、仮想LANオーダにより要求された仮想LANが割り当てられる。なお、図10において、仮想LANオーダにより要求された仮想LANが「VLANID=1」により表されている。したがって、仮想LANオーダにより要求された仮想LAN（VLANID=1）は、ノードBおよびノードCにおいて、¹⁰フォワーディング識別子（FID=2）を介して、「MSTID=2」により識別されるのスパニング・ツリーにマッピングされる。

上記設定が終了すると、以降、このユーザのトラヒック（即ち、「VLANID=1」により識別される仮想LANのトラヒック）は、「MSTID=2」により識別されるのスパニング・ツリーのみを介して転送されることになる。¹⁵なお、複数スパニング・ツリー・プロトコルでは、ツリーに含まれないDisableリンクを介して仮想LANトラヒックが送信されることがある。そのリンクの送信端で輻輳が発生するおそれがある。ただし、各ノードは、GVRPなどの既存のプロトコルにより、Disableリンクへのトラヒックの送信を止めることは可能である。

²⁰ 上述の設定が行われたノードB、Cは、例えば、以下のように動作する。ただし、ここでは、やや正確性を欠くが、説明を簡単にするために、「コスト=1」が設定されているポートは使用が許可されており、「コスト=65535」が設定されているポートは使用が禁止されているものとする。また、各ノードは、「コスト=65535」が設定されているポートに接続するリンク（すなわち、²⁵ Disableリンク）へのデータの送信を止めることができるものとする。

ノードB、Cは、加入者線を介して仮想LANデータフレームを受信すると、そのフレームに付与されている仮想LAN識別子を参照する。このとき、このフレームの仮想LAN識別子として「VLAN ID=1」が付与されていたものとする。この場合、ノードB、Cは、この仮想LAN識別子に対応するフォ

- 5 ワーディング識別子（FID=2）を取得し、さらにそのフォワーディング識別子に対応するスパニング・ツリー識別子（MST ID=2）を取得する。ここで、例えばノードCにおいて、「MST ID=2」により識別されるスパニング・ツリーが使用される場合には、ポート1、3の使用が禁止されており、ポート2のみの使用が許可されている。したがって、ノードCは、ポート2を介してノードBに上記仮想LANデータフレームを送信することはできるが、そのフレームをポート1、3を介してノードA、Dに送信することはできない。
10 すなわち、仮想LANデータフレームは、図6（b）に示すスパニング・ツリー上ののみの転送が許可される。

また、何らかの理由により、ノードCが、ポート1を介して「VLAN ID
15 = 1」により識別される仮想LANデータフレームを受信したものとする。この場合、ノードCは、上述のケースと同様に、そのポート1の使用が禁止されていることを認識する。そうすると、ノードCは、受信したフレームを廃棄する。このように、各ノードは、対応するスパニング・ツリーに含まれていないリンクを介して仮想LANデータフレームを受信すると、そのフレームを廃棄
20 する。

そして、これらの動作により、ブリッジ・ネットワーク上にループ状の経路が形成されることが回避される。

図11は、本発明の実施形態の仮想LAN構築方法の概略手順を示すフローチャートである。

- 25 ステップS1では、まず、ブリッジ・ネットワークのトポロジを表すトポロ

ジ情報がトポロジ情報格納テーブル1_1に格納される。なお、トポロジ情報は、例えば、ネットワーク管理者から与えられるものとする。

- ステップS_2では、スパンギング・ツリー構築部1_2により複数のスパンギング・ツリーが構築される。そして、これらのスパンギング・ツリーを表すスパンギング・ツリー情報は、スパンギング・ツリー情報格納テーブル1_3に格納される。すなわち、複数のスパンギング・ツリーがスパンギング・ツリー情報格納テーブル1_3に登録される。

- ステップS_3では、ノード設定部1_5により、スパンギング・ツリー情報格納テーブル1_3に登録されている複数のスパンギング・ツリーが、ノードA～ノードDに設定される。

- ステップS_4及びS_5では、仮想LANオーダの入力を待ち受ける。そして、仮想LANオーダが入力されると、ステップS_6において、スパンギング・ツリー情報格納テーブル1_3に登録されている複数のスパンギング・ツリーの中から、1つのスパンギング・ツリーが選択される。そして、ステップS_7において、ステップS_6で選択したスパンギング・ツリーが要求された仮想LANを収容できるか否かを調べる。なお、これらの処理は、スパンギング・ツリー選択部1_4により実行される。

- 選択したスパンギング・ツリーが仮想LANを収容できるときは、ステップS_8において、そのスパンギング・ツリーと仮想LANとの対応関係を表すマッピング情報を、対応するノードに設定する。一方、選択したスパンギング・ツリーが仮想LANを収容でききないときは、その旨をユーザに通知した後、ステップS_4に戻る。なお、ネットワーク管理システム1は、動作を停止すべき旨の指示（ステップS_9）が入力されるまでは、仮想LANオーダを受け付けるモードで待機する。

- 25 このように、実施形態の仮想LAN構築方法においては、予め複数のスパンギ

ング・ツリーが構築されて登録されている。そして、仮想LANオーダが入力されると、その登録されている複数のスパニング・ツリーの中から1つのスパニング・ツリーが選択されて使用される。したがって、仮想LANオーダが入力されてから、サービスの提供の開始までに要する時間が短い。

- 5 図12は、スパニング・ツリー構築部12の基本動作を示すフローチャートである。なお、このフローチャートは、図11に示すステップS2の処理を詳細に示すものである。

ステップS11では、トポロジ情報格納テーブル11からトポロジ情報を取得する。ステップS12では、複数のスパニング・ツリーを構築する際に使用10される変数である「構築数」および「再現回数」を初期化する。なお、「構築数」は、ステップS12の処理を実行することにより構築される互いに異なるスパニング・ツリーの数を表す。また、「再現回数」は、過去に構築されたスパニング・ツリーと同じスパニング・ツリーが繰り返し構築された回数を表す。

ステップS13では、根ノードを選択する。なお、根ノードを選択する方法15は、特に限定されるものではない。例えば、常に一番小さいノードIDを持つノードを選んでもよいし、すべてのノードを順番で選ぶようにしてもよいし、ランダムに選ぶようにしてもよい。ステップS14では、ステップS13で選択された根ノードに対応するスパニング・ツリーを1つ構築する。なお、スパニング・ツリーを構築する方法は、例えば公知の技術により実現することができる。

ステップS15では、新たに構築したスパニング・ツリーが、過去に構築したスパニング・ツリーのいずれかと同じであるか否かを調べる。そして、新たに構築したスパニング・ツリーが過去に構築したいずれのスパニング・ツリーとも異なっていた場合には、ステップS16において「再現数」をクリアする。25また、ステップS17では、新たに構築したスパニング・ツリーをスパニング・

ツリー情報格納テーブル13に登録する。さらに、ステップS18において「構築数」をインクリメントする。

- ステップS19では、「構築数」が予め決められている目標数に達したか否かを調べる。そして、「構築数」が目標数に達していれば処理を終了し、そうでなければ、ステップS13に戻って次のスパンギング・ツリーを構築する。

- 新たに構築したスパンギング・ツリーが過去に構築したスパンギング・ツリーのいずれかと同じであった場合は、ステップS20において、「再現回数」をインクリメントする。続いて、ステップS21において、その「再現回数」が予め決められている閾値を越えたか否かを調べる。そして、「再現回数」がその閾値を越えていれば処理を終了し、そうでない場合は、ステップS13に戻って次のスパンギング・ツリーを構築する。

- このように、スパンギング・ツリー構築部12は、所定数の互いに異なるスパンギング・ツリーを構築する。ただし、所定数の互いに異なるスパンギング・ツリーを構築できない場合であっても、同じスパンギング・ツリーが繰り返し構築されてしまう場合は、その処理を終了する。そして、このようにして構築された互いに異なる複数のスパンギング・ツリーは、スパンギング・ツリー情報格納テーブル13に登録される。

- 図13は、スパンギング・ツリー選択部14の基本動作を示すフローチャートである。なお、このフローチャートは、図11に示すステップS6およびS7の処理を詳細に示すものである。

ステップS31では、トポロジ情報格納テーブル11からトポロジ情報を取得する。ステップS32では、スパンギング・ツリー情報格納テーブル13からスパンギング・ツリー情報を取得する。

- ステップS33では、スパンギング・ツリー情報格納テーブル13に登録されている複数のスパンギング・ツリーの中から1つのスパンギング・ツリーを選択す

る。なお、スパンギング・ツリーを選択する方法は、ここでは、特に限定されるものではない。例えば、スパンギング・ツリー情報格納テーブル13にエントリされている順に選択してもよいし、ランダムに選択してもよい。

- ステップS34およびS35では、選択したスパンギング・ツリー上にユーザ5から要求された仮想LANを収容できるか否かを、そのスパンギング・ツリーに含まれる各リンクについて調べる。具体的には、例えば、その仮想LANを収容したと仮定した場合に、各仮想LANに割り当てられる使用帯域の和が各リンクの帯域を越えるか否かを調べる。例えば、あるリンクの帯域が100Mであり、そのうちの90Mが既に他の仮想LANに割り当てられている場合を想10定する。この場合、ユーザから要求された仮想LANの使用帯域が10Mを越えていれば、その仮想LANを収容できないことになる。

要求された仮想LANを収容できる場合は、ステップS36において、仮想15LANオーダに対応するサービスを提供するために、その仮想LANを識別するための仮想LAN識別子VLANIDおよびステップS33で選択したスパニング・ツリーを識別するスパンギング・ツリー識別子MSTIDを出力する。

一方、要求された仮想LANを収容できない場合は、ステップS37を介してステップS33に戻り、次のスパンギング・ツリーを選択する。ただし、スパンギング・ツリー情報格納テーブルに登録されているいずれのスパンギング・ツリー上にも要求された仮想LANを収容できない場合には、ステップS38において、要求された仮想LANサービスを提供できない旨のメッセージを出力する。

このように、スパンギング・ツリー選択部14は、予め用意されている複数のスパンギング・ツリーの中から、要求された仮想LANを収容できるスパンギング・ツリーを選択する。

- 25 図14は、ノード設定部15の基本動作を示すフローチャートである。なお、

このフローチャートは、図11に示すステップS3およびS8の処理を詳細に示すものである。

ステップS41では、当該ノード設定部15の呼出し元を調べる。そして、
5 スパニング・ツリー構築部12から呼び出されたのであれば、ステップS42
～S43の処理が実行され、スパニング・ツリー選択部14から呼び出された
のであれば、ステップS44の処理が実行される。

ステップS42では、スパニング・ツリー情報格納テーブル12に格納され
ている複数のスパニング・ツリーを表すスパニング・ツリー情報を取得する。
ここで、スパニング・ツリー情報格納テーブル12には、スパニング・ツリー
10 毎に、各ノードにおいて各入出力ポートの「通過／ロック」を表す情報が格
納されている。ステップS43では、各ノードに対して、各スパニング・ツリー
を表す情報を設定する。例えば、通過ポートには、「ポートコスト=1」が設
定され、ロックすべきポートには「ポートコスト=65535」が設定され
る。

15 一方、ステップS44では、各ノードに対して、仮想LAN識別子VLAN
IDとスパニング・ツリー識別子MSTIDとのマッピング情報を設定する。
ここで、このマッピング情報は、図13に示すステップS36で生成されたも
のである。

20 このように、ノード設定部15は、仮想LANを構築するために必要な情報
を各ノードに設定する。このとき、ノード設定部15から各ノードへの情報は、
例えば、DCNを介して伝送される。

次に、本発明の実施例について説明する。

<第1の実施例>

第1の実施例のネットワーク管理システム1は、ノード間の各リンクに優先
25 度を付与する優先度設定部16を備える。ここで、優先度設定部16は、例え

ば、ネットワーク管理者からの指示に従って各リンクの優先度を設定する。そして、スパニング・ツリー構築部12は、そのリンク優先度を参照して複数のスパニング・ツリーを構築する。

図15は、第1の実施例におけるトポロジ情報格納テーブル11の構成を示す図である。図15において、「パラメータ」としては、例えば、各リンクの帯域幅、伝送遅延時間、利用料金などが格納される。また、「優先度フラグ」としては、優先度設定部16により優先度に係わるパラメータが格納される。

ネットワーク管理システム1が起動されると、優先度設定部16は、図15に示すトポロジ情報格納テーブル11において、各リンクの優先度フラグを決定する。優先度フラグとしては、例えば、優先度の高いリンクに対して「1」が付与され、そうでないリンクに対して「0」が付与される。

各リンクの優先度は、例えば、ネットワーク管理者により指定される。あるいは、各リンク毎に設定されている「パラメータ」に基づいて優先度が決定されるようにしてもよい。この場合、閾値として「パラメータ」の平均値を算出し、各リンクの「パラメータ」とその平均値とを比較することによって各リンクの優先度を決定するようにしてもよい。例えば、各リンクのパラメータとして帯域幅が設定されている場合は、この帯域幅の平均値よりも大きな帯域幅を持つリンクに対して高い優先度（優先度フラグ=1）が付与される。また、各リンクのパラメータとして伝送遅延時間または利用料金が設定されている場合は、これらの平均値を下回る伝送遅延時間または利用料金を持つリンクに対して高い優先度が付与される。

一例を示す。ここでは、トポロジ情報格納テーブル11において図16(a)に示す「パラメータ」が設定されているものとする。なお、「優先度フラグ」は、優先度設定部16により書き込まれるものであり、この時点では、まだ何も書き込まれていない。「パラメータ」としては、各リンクの帯域幅がMbps単位

- で設定されている。この状態では、優先度設定部 16 は、各リンクのパラメータの平均値を算出し、「平均帯域幅 = 4.4 M b p s」を得る。ここで、この平均帯域幅と各リンクの帯域幅とを比較すると、ノード A-B 間のリンク、ノード A-C 間のリンク、およびノード B-C 間のリンクの各帯域幅がそれぞれ平
5 均帯域幅よりも大きくなっている。よって、これらの 3 つのリンクに対して「優先度フラグ = 1」が付与され、他のリンクに対して「優先度フラグ = 0」付与される。この結果、トポロジ情報格納テーブル 11 は、図 16 (b) に示すように更新される。このようにして各リンクの優先度フラグを決定した後、優先度設定部 16 の処理は終了する。
- 10 上述のようにして各リンクの優先度が決定されると、スパンニング・ツリー構築部 12 は、それらのリンク優先度を参照して複数のスパンニング・ツリーを構築する。
- すなわち、スパンニング・ツリー構築部 12 は、まず、図 16 (b) に示すト
15 ポロジ情報格納テーブル 11 を読み込み、「優先度フラグ = 1」が付与されているリンク、およびそれらのリンクの両端に位置するノードを抽出する。なお、以下では、このようにして抽出されたリンクおよびノードを要素とする集合を「集合 A」と呼ぶことにする。ちなみに、集合 A により形成されるネットワークのトポロジは、図 17 (a) に示す通りである。また、集合 A のトポロジ情報は、図 18 (a) に示す通りである。
- 20 続いて、スパンニング・ツリー構築部 12 は、集合 A に属するノードの中から根ノードを 1 つ選択する。なお、根ノードは、例えば、ランダムに選択される。そして、この根ノードを基準として、集合 A の中でスパンニング・ツリーを構築する。ここで、図 17 (b) に示すように、根ノードとしてノード A が選択されたものとする。そして、このノード A を基準として集合 A の中でスパンニング・
25 ツリーを構築すると、図 17 (b) に示すツリーが得られる。このとき、この

スパニング・ツリーを表す情報は、図17(c)に示す通りである。なお、複数のノードが接続されたネットワークにおいてスパニング・ツリーを構築すること自体は、公知の技術である。

- さらに、スパニング・ツリー構築部12は、集合Aの中で構築されたスパニング・ツリーに、集合Aに含まれていない各ノードを追加する。このとき、追加すべきノードは、それぞれ、最もコストの小さいリンクを利用してスパニング・ツリーに接続される。例えば、図17(b)に示すスパニング・ツリーにノードDを追加するケースを考える。ここで、ノードDは、物理的には、図1に示すように、ノードAおよびノードCの双方に接続している。ところが、図17(c)に示すように、ノードA-D間のリンクのコストが「10」であるのに対し、ノードC-D間のリンクのコストは「30」である。したがって、この場合、ノードDは、ノードAに接続されることによりスパニング・ツリーに追加される。そして、この結果、図17(d)に示すスパニング・ツリーが得られる。また、このスパニング・ツリーを表す情報は、図18(c)に示す通りであり、スパニング・ツリー情報格納テーブル13に格納される。この手順は、例えば、PrimアルゴリズムやKruskalアルゴリズムにより実現される。

- なお、集合Aを抽出した際に、その集合Aに属する要素だけでスパニング・ツリーを構築することができない場合、すなわち、集合Aに属する複数のノードの中から根ノードを選択して集合A内でダイクストラアルゴリズム等を適用したときに、その集合Aの中に到達できないノードが存在する場合がある。このような構造は、非連結構造と呼ばれることがある。この場合、スパニング・ツリー構築部12は、まず、集合A内の互いに連結していない要素同士を、集合Aに含まれないノードおよびリンクを補って互いに連結させる。そして、集合Aの中でスパニング・ツリーを構築する。この手順は、例えば、根ノードを

含むスパニング・ツリーとそのツリーに連結されていない集合A内のノードとを、トポロジ全体を対象としたダイクストラアルゴリズム等で得られる最小コスト経路で接続する処理を、根ノードを含むツリーと連結していないノードが存在しなくなるまでこれを繰り返し、その結果得られるツリーを集合Aとする
5 ことで実現される。なお、このようにして集合Aを得た後の手順は、前述のとおりである。

スパニング・ツリー構築部12は、上記手順を繰り返すことにより、複数のスパニング・ツリーを構築する。ここで、スパニング・ツリー構築部12の処理は、予め指定された数のスパニング・ツリーが構築されたとき、或いは、
10 スパニング・ツリーを構築する処理を所定回数（例えば、50回）繰り返しても先に構築したスパニング・ツリーと異なるスパニング・ツリーが構築出来なかつたときに停止する。

なお、仮想LANオーダに応じて複数のスパニング・ツリーの中から1つのスパニング・ツリーを選択する処理、および選択したスパニング・ツリーと要求された仮想LANとのマッピング情報を各ノードに設定する処理は、上述した通りである。
15

このように、第1の実施例では、各リンクの優先度に基づいて複数のスパニング・ツリーが構築され、それらの中から選択されたスパニング・ツリー上に仮想LANが収容される。したがって、各リンクの優先度がネットワーク管理者により指定されるものとすると、ネットワーク管理者が所望するリンクを利用して仮想LANトラヒックを収容することができる。また、帯域幅に基づいて各リンクの優先度が決められるとすると、通信資源の有効利用が図れる。さらに、伝送遅延時間、利用料金に基づいて各リンクの優先度が決められるとすると、伝送遅延の小さい仮想LAN、利用料金の低い仮想LANが実現される。
25 図19は、第1の実施例におけるスパニング・ツリー構築部12の動作の要

部を示すフローチャートである。なお、このフローチャートの処理は、図12に示したスパンニング・ツリー構築部12の基本動作におけるステップS13およびS14に相当する。また、第1の実施例におけるスパンニング・ツリー構築部12の他の動作は、図12に従う。

- 5 ステップS51では、トポロジ情報格納テーブル11において優先度フラグが「1(ON)」であるリンク、およびそのリンクの両端に接続するノードを抽出する。ステップS52では、抽出した複数のノードの中から根ノードを1つ選択する。ステップS53では、抽出したリンクおよびノードから構成されるトポロジが連結構造であるか否かを調べる。
- 10 上記トポロジが連結構造であれば、ステップS54において、抽出したリンクおよびノードを利用してスパンニング・ツリーを構築する。以下、ステップS54で構築されたスパンニング・ツリーを「ST1」と呼ぶ。そして、全てのノードがスパンニング・ツリーST1に含まれるようになるまで、ステップS55およびS56の処理を繰り返し実行する。
- 15 ステップS55では、スパンニング・ツリーST1に含まれていないノードの中で、そのスパンニング・ツリーST1からのコストが最小のノードを選択する。ステップS56では、スパンニング・ツリーST1に、ステップS55で選択したノードおよびそのノードとスパンニング・ツリーST1とを接続するリンクを追加する。
- 20 上記トポロジが連結構造でなかった場合は、ステップS61～S65を実行することにより、ステップS51で抽出された各ノードが連結された状態を生成する。即ち、ステップS61では、根ノードを含むスパンニング・ツリー（以下、部分ツリー）に含まれていないノードを1つ選択する。ステップS62では、その選択したノードをソースノードとしてダイクストラ(dijkstra)
25 a) 計算を行う。ステップS63では、部分ツリーに含まれる各ノードへのダ

イクストラルートの中で、最短のルートを検出する。ステップS 6 4では、当該ノード、選択したダイクストラルート上のノード、および選択したダイクストラルートを構成するリンクを部分ツリーに加える。ステップS 6 5は、ステップS 5 1で抽出されたノードのすべてが部分ツリーに含まれるようになるまで、ステップS 6 1～S 6 4を繰り返すために設けられている。

このように、第1の実施例におけるスパニング・ツリー構築手段は、優先度の高いリンクを使ったスパニング・ツリーを構築する。

図20は、優先度設定部16の動作を示すフローチャート(その1)である。ステップS 7 1では、トポロジ情報格納テーブル11を参照する。ステップS 10 7 2では、ネットワーク管理者からの入力を待ち受ける。ここで、ネットワーク管理者は、全リンクの中から1または複数の優先度の高いリンクを指定するものとする。

続いて、トポロジ情報格納テーブル11に登録されている各リンクに対してステップS 7 3～S 7 5の処理を行う。ステップS 7 3では、当該リンクが、ネットワーク管理者により指定されたリンクであるか否かを調べる。そして、ネットワーク管理者により指定されたリンクであれば、ステップS 7 4において、そのリンクの優先度フラグとして「1(ON)」を付与する。一方、そうでなかつた場合は、ステップS 7 5において、そのリンクの優先度フラグとして「0(OFF)」を付与する。そして、ステップS 7 6では、ステップS 7 3～S 7 5による結果に従って、トポロジ情報格納テーブル11を更新する。

このように、優先度設定部16は、このフローチャートの動作を行う場合は、ネットワーク管理者の指示に従って各リンクの優先度を設定する。

図21は、優先度設定部16の動作を示すフローチャート(その2)である。なお、このフローチャートの動作は、トポロジ情報格納テーブル11において各リンクの帯域が設定されていることを前提とする。また、このフローチャー

トの動作は、図20に示した動作と基本的には同じであるが、図20のステップS72、S73の代わりに、ステップS81、S82が実行される。

- 5 ステップS81では、各リンクの帯域の平均値を算出する。また、ステップS82では、各リンクの帯域が、それぞれ、平均帯域よりも大きいか否かを調べる。そして、平均帯域よりも大きな帯域を持つリンクに対して「優先度フラグ=1(ON)」が付与され、他のリンクに対して「優先度フラグ=0(OFF)」が付与される。

このように、優先度設定部16は、このフローチャートの動作を行う場合は、各リンクの帯域に基づいてリンク優先度を設定する。

- 10 図22は、優先度設定部16の動作を示すフローチャート(その3)である。なお、このフローチャートの動作は、トポロジ情報格納テーブル11において各リンクの伝送遅延時間が設定されていることを前提とする。また、このフローチャートの動作は、図20に示した動作と基本的には同じであるが、図20のステップS72、S73の代わりに、ステップS83、S84が実行される。

- 15 ステップS83では、各リンクの伝送遅延時間の平均値を算出する。また、ステップS84では、各リンクの伝送遅延時間が、それぞれ、平均伝送遅延時間よりも大きいか否かを調べる。そして、平均伝送遅延時間よりも小さい伝送遅延時間を持つリンクに対して「優先度フラグ=1(ON)」が付与され、他のリンクに対して「優先度フラグ=0(OFF)」が付与される。

- 20 このように、優先度設定部16は、このフローチャートの動作を行う場合は、各リンクの伝送遅延時間に基づいてリンク優先度を設定する。

- 図23は、優先度設定部16の動作を示すフローチャート(その4)である。なお、このフローチャートの動作は、トポロジ情報格納テーブル11において各リンクの利用料金が設定されていることを前提とする。また、このフローチ
25 ャートの動作は、図20に示した動作と基本的には同じであるが、図20のス

ステップS72、S73の代わりに、ステップS85、S86が実行される。

ステップS83では、各リンクの利用料金の平均値を算出する。また、ステップS84では、各リンクの利用料金が、それぞれ、平均利用料金よりも高いか否かを調べる。そして、平均利用料金よりも低い利用料金のリンクに対して

- 5 「優先度フラグ=1 (ON)」が付与され、他のリンクに対して「優先度フラグ=0 (OFF)」が付与される。

このように、優先度設定部16は、このフローチャートの動作を行う場合は、各リンクの利用料金に基づいてリンク優先度を設定する。

<第2の実施例>

- 10 第2の実施例のネットワーク管理システム1が備えるスパンニング・ツリー構築部12は、複数のスパンニング・ツリーを構築する際に、各リンクがそれぞれスパンニング・ツリーを構築するために使用された回数を考慮する。

- 15 図24(a)は、第2の実施例におけるトポロジ情報格納テーブル11の構成を示す図である。ここでは、各リンクの「パラメータ」としてそれぞれ帯域幅が格納されており、このパラメータに基づいて各リンクの「優先度フラグ」が決定されているものとする。なお、「優先度フラグ」は、例えば、第1の実施例で説明した優先度設定部16により設定される。また、第2の実施例におけるトポロジ情報格納テーブル11は、各リンクがそれぞれスパンニング・ツリーを構築するために選択された回数を表す「リンク選択回数」を管理する。

- 20 スパンニング・ツリー構築部12は、複数のスパンニング・ツリーを構築する際にトポロジ情報格納テーブル11を参照する。このとき、スパンニング・ツリー構築部12は、リンク優先度を参照しつつ、いずれのスパンニング・ツリーにも含まれないリンクが存在しないように複数のスパンニング・ツリーを構築する。即ち、全てのリンクが少なくとも1回はいずれかスパンニング・ツリーに含まれるよう複数のスパンニング・ツリーが構築される。そして、この構築処理は、

例えば、下記の手順により実現される。

- 第1番目のスパニング・ツリー（すなわち、「M S T I D = 1」により識別されるスパニング・ツリー）を構築するときは、第1の実施例と同様に、「優先度フラグ=1」が付与されているリンク、およびそのリンクの両端に接続されて5いるノードが優先的に使用される。そして、この結果、第1の実施例と同様にして図17（d）に示すスパニング・ツリーが構築されると、トポロジ情報格納テーブル11において、そのスパニング・ツリーに含まれるリンク（すなわち、ノードA-B間のリンク、ノードA-C間のリンク、およびノードA-D間のリンク）の「リンク選択回数」がインクリメントされる。この結果、トポ10ロジ情報格納テーブル11は、図24（b）に示す状態に更新される。なお、この動作を「フェーズ1」と呼ぶことにする。

次に、第2番目のスパニング・ツリー（すなわち、「M S T I D = 2」により識別されるスパニング・ツリー）を構築するときは、図24（b）に示すトポロジ情報格納テーブル11の「リンク選択回数」を参照する。具体的には、ト15ポロジ情報格納テーブル11から「リンク選択回数=0」である各リンク、およびそれら各リンクの両端に接続されているノードを抽出する。そして、これらのリンクおよびノードを要素とする集合Aを定義し、第1の実施例と同様に、その集合Aに基づいてスパニング・ツリーを構築する。この結果、図25に示すスパニング・ツリーが構築されると、トポロジ情報格納テーブル11において、そのスパニング・ツリーに含まれるリンク（すなわち、ノードA-D間のリンク、ノードB-C間のリンク、およびノードC-D間のリンク）の「リンク選択回数」がインクリメントされる。この結果、トポロジ情報格納テーブル2011は、図24（c）に示す状態に更新される。なお、この動作を「フェーズ2」と呼ぶことにする。そして、フェーズ2は、トポロジ情報格納テーブル1251に登録されているすべてのリンクの「リンク選択回数」が1以上になるまで

繰り返し実行される。

続いて、フェーズ3に移る。フェーズ3では、フェーズ1と同じ手順を繰り返すことにより、複数のスパニング・ツリーを構築する。このとき、先の構築したスパニング・ツリーと同じスパニング・ツリーが構築されたときは、トポロジ情報格納テーブル11の「リンク選択回数」は更新されない。そして、予め決められた互いに異なる所定数のスパニング・ツリーが構築されたとき、或いは、所定回数（例えば、50回）繰り返しても新たなスパニング・ツリーが構築されなかつたときは、フェーズ3を終了する。

なお、仮想LANオーダに応じて複数のスパニング・ツリーの中から1つの10スパニング・ツリーを選択する処理、および選択したスパニング・ツリーと要求された仮想LANとのマッピング情報を各ノードに設定する処理は、上述した通りである。

このように、第2の実施例においては、複数のスパニング・ツリーを構築する際に、リンク優先度が考慮されながら、各リンクが少なくとも1回はいずれかのスパニング・ツリーに含まれることになる。すなわち、スパニング・ツリーの要素として選択されないリンクが存在しなくなるので、ネットワークが偏って利用されることが回避される。

図26は、第2の実施例におけるスパニング・ツリー構築部12の動作の要部を示すフローチャートである。なお、このフローチャートの処理は、図12に示したスパニング・ツリー構築部の基本動作におけるステップS13およびS14に相当する。そして、第2の実施例におけるスパニング・ツリー構築部12の他の動作は、図12に従う。また、ステップS52～S56、S61～S65の処理は、第1の実施例において図19を参照しながら説明した通りである。

25 ステップS91では、構築すべきスパニング・ツリーが第1番目のスパン

グ・ツリーであるか否かを調べる。そして、第1番目のスパニング・ツリーを構築する場合は、ステップS92において、「優先度フラグ=1(ON)」が付与されている各リンク、およびそれらのリンクの両端に接続されているノードを抽出する。以降の動作は、第1の実施例と同じである。

- 5 第2番目以降のスパニング・ツリーを構築する場合は、ステップS93において、トポロジ情報格納テーブル11において「リンク選択回数=0」であるリンクが存在するか否かを調べる。そして、「リンク選択回数=0」であるリンクが存在する場合は、ステップS94において、それらの「リンク選択回数=0」であるリンク、およびそれらのリンクの両端に接続されているノードを抽出する。以降の動作は、第1の実施例と同じである。一方、第2番目以降のスパニング・ツリーを構築する際に、「リンク選択回数=0」であるリンクが存在しない場合は、ステップS92が実行される。
- 10

このように、第2の実施例では、各リンクは、少なくとも1回はいずれかのスパニング・ツリーに含まれることになる。

15 <第3の実施例>

- 第3の実施例では、予め構築されている複数のスパニング・ツリーの中から要求された仮想LANを収容すべきスパニング・ツリーを選択する際に、その仮想LANを収容したときに経路上のリンク数が最小となるスパニング・ツリーが選択される。すなわち、仮想LANトラヒックが流れる経路のトータルホップ数が最小になるスパニング・ツリーが選択される。
- 20

図27は、第3の実施例におけるトポロジ情報格納テーブル11の例である。ここで、「帯域幅」は、リンクの帯域幅を表す。また、「使用中帯域」は、現在実際に使用されている帯域幅、または仮想LANに対して既に割り当てられている帯域幅である。例えば、このテーブルの1行目のレコードは、ノードA-B間のリンクのコストが「10」であり、帯域幅が「5」であり、使用中帯域

25

が「0.5」であることを表している。なお、「帯域幅」および「使用中帯域」の単位は、例えば、Mbpsである。

「使用中帯域」は、例えば、新たな仮想LANが収容されたとき、および先に収容されていた仮想LANが削除されるときに、ネットワーク管理者により
5 更新される。或いは、ネットワークの使用状態を動的にモニタする装置を用意し、その装置により収集される情報が書き込まれるようにしてよい。

次に、第3の実施例において、予め構築されている複数のスパンニング・ツリーの中から1つのスパンニング・ツリーを選択する処理を説明する。

スパンニング・ツリー選択部14は、図28(a)に示すホップ数管理テーブルを用意する。ここで、このテーブルは、スパンニング・ツリーを用いて仮想LANを収容したときのホップ数を管理する。
10

また、スパンニング・ツリー選択部14は、スパンニング・ツリー情報格納テーブル13に登録されている各スパンニング・ツリーについて、図27に示すトポロジ情報格納テーブル11を参照して、それぞれ、要求された仮想LANを収容できるか否かを調べる。この収容の可否は、例えば、選択したスパンニング・ツリー上に要求された仮想LANオーダを収容したと仮定した場合に使用されるリンクについて、各リンクの「使用中帯域」に「要求された帯域」を加えた合計帯域がそのリンクの「帯域幅」を超えるか否かを調べることにより判定される。このとき、この合計帯域が「帯域幅」を超えていなければ収容可能と判定され、超えていれば収容不可能と判定される。そして、要求された仮想LANを収容可能と判定されたときは、このスパンニング・ツリー上で仮想LANトラヒックの流れるリンクの数を「総ホップ(Total Hop)数」としてホップ数管理テーブルに書き込む。なお、要求された仮想LANを収容できないときは、ホップ数管理テーブルは更新されない。
15
20
25

スパンニング・ツリー選択部14は、上述のようにして、スパンニング・ツリー

情報格納テーブル13に登録されている全てのスパニング・ツリーに対して「総ホップ数」を求める。そして、「総ホップ数」が最小のスパニング・ツリーを、要求された仮想LANを収容すべきスパニング・ツリーとして選択する。

なお、スパニング・ツリー情報格納テーブル13に登録されている全てのスパニング・ツリーに対して上記処理を行ったにもかかわらず、ホップ数管理テーブルのエントリが空であったときは、要求された仮想LANを収容可能なスパニング・ツリーが存在しないものとみなし、その旨を表すメッセージ（例えば、ネットワーク管理者宛てのエラーメッセージ）を出力する。

一例を示す。ここでは、スパニング・ツリー情報格納テーブル13に、図29に示すスパニング・ツリー情報が格納されているものとする。すなわち、図30に示す3つのスパニング・ツリーが構築されているものとする。また、ユーザが要求する仮想LANオーダは、ユーザを収容するノードを指示する情報、および要求帯域を表す情報を含む。そして、以下の例では、仮想LANを要求したユーザが3地点に拠点を有しており、それぞれノードB、C、Dに収容されているものとする。また、このユーザは、ノードB、C、Dを結ぶ経路上で「帯域=0.5(Mbps)」を要求しているものとする。なお、要求帯域は、ユーザ収容ノード間でフルメッシュに要求する帯域であってもよく、また、各ノード間で要求する帯域は互いに同じでなくてもよい。

このような状況において、スパニング・ツリー選択部14は、まず、図29に示すスパニング・ツリー情報格納テーブル13から「MSTID=1」により識別されるスパニング・ツリーを選択する。この場合、このスパニング・ツリーに上記仮想LANを収容したものと仮定すると、ノードA-B間のリンク、ノードA-C間のリンク、ノードA-D間のリンクを介してその仮想LANのトラヒックが流れることになる。したがって、これらの3本のリンクについて25 収容可否が判定される。すなわち、この例では、上記3本のリンクの「使用中

- 「帯域」は、図27に示すように、それぞれ「0. 5」「1. 0」「0. 8」である。したがって、これらの「使用中帯域」に「要求帯域 (=0. 5)」を加算すると、各リンクの合計帯域は、それぞれ「1. 0」「1. 5」「1. 3」になる。そうすると、ノードA-D間のリンクについては、その合計帯域がそのリンクの「帯域幅 (=1. 0)」を越えてしまい、要求された仮想LANを収容できない、と判定される。この場合、ホップ数管理テーブルには何も書き込まれない。
- 5 続いて、スパンニング・ツリー選択部14は、「MST ID=2」により識別されるスパンニング・ツリーを選択する。この場合、このスパンニング・ツリーに上記仮想LANを収容したものと仮定すると、その仮想LANのトラヒックは、
- 10 ノードB-C間のリンク、およびノードC-D間のリンクのみを介して流れることになる。従って、これらの2本のリンクについてその仮想LANトラヒックを収容できるか否かが判定される。すなわち、この例では、上記2本のリンクの「使用中帯域」は、図27に示すように、それぞれ「2. 5」「1. 0」である。そして、これらの「使用中帯域」に「要求帯域 (=0. 5)」を加算する
- 15 と、各リンクの合計帯域は、それぞれ「3. 0」「0. 6」になる。そうすると、これら2本のリンクについては、各合計帯域がそれぞれ対応するリンクの「帯域幅 (5および1)」よりも小さく、要求された仮想LANを収容できる、と判定される。そして、この場合、ホップ数管理テーブルには、「総ホップ数=2」が書き込まれる。
- 20 さらに、スパンニング・ツリー選択部14は、「MST ID=3」についても同様の処理を行う。この場合、このスパンニング・ツリーに上記仮想LANを収容したと仮定すると、ノードA-B間のリンク、ノードA-C間のリンク、ノードC-D間のリンクを介してその仮想LANのトラヒックが流れることになり、要求された仮想LANを収容できる、と判定される。そして、ホップ数管理テーブルには、「総ホップ数=3」が書き込まれる。この結果、ホップ数管理テー

ブルは、図28（b）に示す状態に更新される。

スパンニング・ツリー選択部14は、図28（b）に示すホップ数管理テーブルを参照し、「総ホップ数」が最小のスパンニング・ツリーを選択する。すなわち、この例では、「MST ID=2」により識別されるスパンニング・ツリーが選択さ
5 れることになる。

なお、複数のスパンニング・ツリーを構築する処理、および選択したスパンニング・ツリーと要求された仮想LANとのマッピング情報を各ノードに設定する処理は、上述した通りである。

このように、第3の実施例においては、総ホップ数が最小になるスパンニング・
10 ツリーが選択され、そのスパンニング・ツリー上に仮想LANが収容される。したがって、最も短い経路で仮想LANサービスが提供される。

<第4の実施例>

第3の実施例では、新たに追加される仮想LANトラヒックが流れる経路のトータルホップ数が最小になるスパンニング・ツリーが選択されたが、第4の実
15 施例では、新たに仮想LANを追加することにより増加するトラヒック量（帯域）の和が最小になるスパンニング・ツリーが選択される。

第4の実施例におけるスパンニング・ツリー選択部14の動作は、基本的には、第3の実施例と同じである。ただし、以下の動作が異なる。

スパンニング・ツリー選択部14は、図31（a）に示す追加帯域管理テーブルを用意する。ここで、このテーブルは、スパンニング・ツリーを用いて新たな仮想LANを収容したときの使用帯域の増加量を管理する。
20

スパンニング・ツリー選択部14は、第3の実施例と同様に、スパンニング・ツリー情報格納テーブル13に登録されている各スパンニング・ツリーについて、それぞれ、要求された仮想LANを収容できるか否かを調べる。そして、要求
25 された仮想LANを収容可能と判定されたときは、その仮想LANを追加する

ことにより増加する帯域の合計値を「帯域増加量」として増加帯域管理テーブルに書き込む。なお、要求された仮想LANを収容できないときは、増加帯域管理テーブルは更新されない。

- スパンギング・ツリー選択部14は、上述のようにして、スパンギング・ツリー情報格納テーブル13に登録されている全てのスパンギング・ツリーに対して「帯域増加量」を求める。そして、「帯域増加量」が最小のスパンギング・ツリーを、要求された仮想LANを収容すべきスパンギング・ツリーとして選択する。

一例を示す。ここでは、第3の実施例と同様に、スパンギング・ツリー情報格納テーブル13に、図29に示すスパンギング・ツリー情報が格納されているものとする。すなわち、図30に示す3つのスパンギング・ツリーが構築されているものとする。また、仮想LANを要求したユーザはノードB、C、Dに収容されているものとする。さらに、このユーザは、ノードB、C、Dを結ぶ経路上で「帯域=0.5(Mbps)」を要求しているものとする。

- このような状況において、スパンギング・ツリー選択部14は、まず、図29に示すスパンギング・ツリー情報格納テーブル13から「MST ID=1」により識別されるスパンギング・ツリーを選択する。しかし、第3の実施例で説明したように、このスパンギング・ツリーは、要求された仮想LANを収容することができない。よって、この場合、増加帯域管理テーブルには何も書き込まれない。

続いて、スパンギング・ツリー選択部14は、「MST ID=2」により識別されるスパンギング・ツリーを選択する。ここで、このスパンギング・ツリーは、上述したように、要求された仮想LANを収容できるので、スパンギング・ツリー選択部14は「帯域増加量」を算出する。すなわち、このスパンギング・ツリー上に上述の仮想LANを収容したと仮定すると、その仮想LANのトラヒックは、2本のリンク（ノードB-C間のリンク、ノードC-D間のリンク）を介

して流れることになる。ここで、ユーザの要求帯域が「0. 5 (M b p s)」であるので、よって、この仮想LANを追加することによって増加する使用帯域の和は、「1. 0 (M b p s)」になる。そして、この計算結果が、増加帯域管理テーブルに書き込まれる。

- 5 さらに、スパンニング・ツリー選択部14は、「M S T I D=3」についても同様の処理を行う。この場合、このスパンニング・ツリーに上記仮想LANを収容したものと仮定する、その仮想LANのトラヒックは、3本のリンク（ノードA-B間のリンク、ノードA-C間のリンク、ノードC-D間のリンク）を介して流れることになる。よって、増加帯域管理テーブルには、「帯域増加量=1. 10 5 (M b p s)」が書き込まれる。この結果、増加帯域管理テーブルは、図31 (b) に示す状態に更新される。

この後、スパンニング・ツリー選択部14は、図31 (b) に示す増加帯域管理テーブルを参照し、「帯域増加量」が最小のスパンニング・ツリーを選択する。すなわち、この例では、「M S T I D=2」により識別されるスパンニング・ツリーが選択されることになる。
15

なお、複数のスパンニング・ツリーを構築する処理、および選択したスパンニング・ツリーと要求された仮想LANとのマッピング情報を各ノードに設定する処理は、上述した通りである。

ところで、上述の例のように、仮想LANオーダにおけるユーザの要求帯域が全ての経路に渡って同じである場合には、第3および第4の実施例において同じスパンニング・ツリーが選択されることになる。しかし、ユーザの要求帯域が経路によって偏りがある場合は、第3および第4の実施例において異なるスパンニング・ツリーが選択されることがある。

例えば、図32において、ユーザが3つの営業拠点を持っており、それらの拠点1、拠点2、拠点3が、それぞれノードG、ノードI、ノードCに収容さ
25

れているものとする。また、拠点2と拠点3との間でトラヒックが多く、他の拠点間はトラヒックが少ないものとする。なお、図32においては、実線および二重線によりスパニング・ツリーが構築されているものとする。また、二重線は、仮想LANトラヒックが流れる経路（すなわち、仮想LANトポロジ）
5 を表す。

この場合、図32(a)に示すスパニング・ツリーでは、ノードCとノードIとの間の大容量トラヒックが、ノードB、A、D、G、Hを介して流れることになる。すなわち、この経路上に存在する6本のリンクのそれぞれにおいて大きな帯域を確保する必要がある。よって、この場合、この仮想LANを収容
10 するために必要な帯域の総和は、かなり大きくなる。たとえば、上記6本のリンクに対してそれぞれ図32(a)に示す帯域が割り当てられるとすると、その合計帯域は「60(Mbps)」になる。

一方、図32(b)に示すスパニング・ツリーでは、ノードCとノードIとの間の大容量トラヒックは、ノードFを介して流れる。すなわち、ノードCとノードIとの間の2本のリンクには大きな帯域を割り当てる必要があるが、ノードCとノードGとの間の4本のリンクには大きな帯域を割り当てる必要がない。よって、この場合、この仮想LANを収容するために必要な帯域の総和は、比較的小さくなる。例えば、上記6本のリンクに対してそれぞれ図32(a)に示す帯域が割り当てられるとすると、その合計帯域は「28(Mbps)」になる。
20

そして、スパニング・ツリー選択部14は、この例においては、図32(b)に示すスパニング・ツリーを選択することになる。なお、図32(a)および図32(b)に示すいずれのスパニング・ツリーであっても、仮想LANを収容したときの総ホップ数は、共に「6」である。よって、この場合、「総ホップ
25 数」のみによって2つのスパニング・ツリーに優劣をつけることはできない。

このように、第4の実施例においては、各仮想LANに割り当てられる通信資源が最小になるスパンニング・ツリーが選択され、そのスパンニング・ツリー上に仮想LANが収容される。したがって、ネットワーク上を流れるトラヒック量が減少し、限られた通信資源を他の仮想LANに割り当てることができるの
5 で、通信資源が有效地に利用される。

<第5の実施例>

第5の実施例では、各リンクの利用率のばらつきが最小になるスパンニング・ツリーが選択される。したがって、第5の実施例におけるスパンニング・ツリー選択部14の動作は、基本的には、第3または第4の実施例と同じであるが、
10 以下の動作が異なる。

スパンニング・ツリー選択部14は、図33(a)に示すばらつき管理テーブルを用意する。ここで、このテーブルは、各スパンニング・ツリーについて各リンクの利用率のばらつきを管理する。

スパンニング・ツリー選択部14は、第3または第4の実施例と同様に、スパンニング・ツリー情報格納テーブル13に登録されている各スパンニング・ツリーについて、それぞれ、要求された仮想LANを収容できるか否かを調べる。そして、要求された仮想LANを収容可能と判定されたときは、その仮想LANを追加したと仮定した場合における各リンクの利用率のばらつきを「ばらつき量VAR」としてばらつき管理テーブルに書き込む。なお、要求された仮想L
20 ANを収容できないときは、ばらつき管理テーブルは更新されない。

スパンニング・ツリー選択部14は、上述のようにして、全てのスパンニング・ツリーに対して「ばらつき量」を求める。そして、「ばらつき量」が最小のスパンニング・ツリーを、要求された仮想LANを収容すべきスパンニング・ツリーとして選択する。

25 一例を示す。なお、ここでは、第3または第4の実施例と同様のスパンニング・

ツリーが構築されており、同様の仮想LANが要求されたものとする。したがって、ここでも、「MST ID=1」により識別されるスパニング・ツリーは、要求された仮想LANを収容することができない。そして、ばらつき管理テーブルには何も書き込まれない。

- 5 続いて、スパニング・ツリー選択部14は、「MST ID=2」により識別されるスパニング・ツリーを選択する。そして、このスパニング・ツリー上に要求された仮想LANを収容したときの「ばらつき量」を算出する。ここで、このスパニング・ツリー上に上述の仮想LANを収容したと仮定すると、その仮想LANのトラヒックは、2本のリンク（ノードB-C間のリンク、ノードC
10 -D間のリンク）を介して流れることになる。よって、各リンクの利用率は、図34(a)に示すようになる。具体的には、図29に示すスパニング・ツリー情報格納テーブル13を参照して下記のように算出される。

$$\text{ノードA-B間のリンク} : (0.5 + 0) \div 5 = 0.1$$

$$\text{ノードA-C間のリンク} : (1.0 + 0) \div 10 = 0.1$$

15 ノードA-D間のリンク : $(0.8 + 0) \div 1 = 0.8$

$$\text{ノードB-C間のリンク} : (2.5 + 0.5) \div 5 = 0.6$$

$$\text{ノードC-D間のリンク} : (0.1 + 0.5) \div 1 = 0.6$$

このとき、「ばらつき量」を算出するためにこれらの母分散を求める、「 $VAR = 0.0824$ 」が得られる。そして、この値は、ばらつき管理テーブル
20 に書き込まれる。

さらに、スパニング・ツリー選択部14は、「MST ID=3」についても同様の処理を行う。この場合、このスパニング・ツリーに上記仮想LANを収容したと仮定すると、その仮想LANのトラヒックは、3本のリンク（ノードA-B間のリンク、ノードA-C間のリンク、ノードC-D間のリンク）を介して流れることになる。よって、各リンクの利用率は、図34(b)に示すよう

になる。具体的には、下記のように算出される。

$$\text{ノードA-B間のリンク} : (0.5 + 0.5) \div 5 = 0.2$$

$$\text{ノードA-C間のリンク} : (1.0 + 0.5) \div 10 = 0.15$$

$$\text{ノードA-D間のリンク} : (0.8 + 0) \div 1 = 0.8$$

5 ノードB-C間のリンク : $(2.5 + 0) \div 5 = 0.5$

$$\text{ノードC-D間のリンク} : (0.1 + 0.5) \div 1 = 0.6$$

この場合、「ばらつき量」として「 $\text{VAR} = 0.06$ 」が得られる。そして、この値は、ばらつき管理テーブルに書き込まれる。この結果、ばらつき管理テーブルは、図33 (b) に示すように更新される。

10 この後、スパンニング・ツリー選択部14は、図33 (b) に示すばらつき管理テーブルを参照し、「ばらつき量」が最小のスパンニング・ツリーを選択する。すなわち、この例では、「 $\text{MST ID} = 3$ 」により識別されるスパンニング・ツリーが選択されることになる。

なお、複数のスパンニング・ツリーを構築する処理、および選択したスパンニング・ツリーと要求された仮想LANとのマッピング情報を各ノードに設定する処理は、上述した通りである。

また、上述の例では、各リンクの利用率のばらつきを評価する際に、母分散を利用したが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、標準偏差などを利用してばらつきの評価をしてもよい。

20 さらに、各リンクの利用率を検出する方法は、特に限定されるものではない。したがって、例えば、各リンクに対して既に割り当てられる帯域に、各リンクに新たに割り当てるべき帯域を加算し、その加算結果に基づいて各リンク利用率を算出するようにしてもよい。あるいは、各リンク上のトラヒック量を動的にモニタする装置を設け、その装置により検出される各リンク毎のトラヒック量に対応する帯域に、各リンクに新たに割り当てるべき帯域を加算し、その加

算結果に基づいて各リンク利用率を算出するようにしてもよい。ちなみに、前者の方法は、各仮想LANの帯域を補償するサービスに好適と考えられる。一方、後者の方法は、いわゆるベストエフォート型のサービスを提供する場合に好適と考えられる。

- 5 このように、第5の実施例においては、リンク利用率のばらつきが最小になるスパニング・ツリーが選択され、そのスパニング・ツリー上に仮想LANが収容される。したがって、ネットワーク全体としては帯域に余裕があるにもかかわらず、局所的な帯域不足によって仮想LANを収容できないような事態が回避される。すなわち、通信資源が有効に使用される。
- 10 なお、第3～第5に実施例では、「総ホップ数」「帯域増加量」「リンク利用率のばらつき」に基づいてスパニング・ツリーが選択される方法を取り上げて説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。
- 例えれば、要求された仮想LANを収容したときにその仮想LANのトラヒックが流れる経路上のリンクの伝送遅延時間の和が最小となるスパニング・ツリーが選択されるようにしてもよい。この場合、トポロジ情報格納テーブル11には、各リンクの伝送遅延時間が登録されていることが望ましい。そうすると、そのテーブルから該当するリンクに対応する伝送遅延時間を抽出して加算することにより、スパニング・ツリー上での総伝送遅延時間が得られる。
- また、要求された仮想LANを収容したときにその仮想LANのトラヒックが流れる経路上のリンクの利用料金の和が最小となるスパニング・ツリーが選択されるようにしてもよい。この場合、トポロジ情報格納テーブル11には、各リンクの利用料金が登録されていることが望ましい。そうすると、そのテーブルから該当するリンクに対応する利用料金を抽出して加算することにより、スパニング・ツリー上での総利用料金が得られる。
- 25 図35は、第3～第5の実施例におけるスパニング・ツリー選択部14の動

作を示すフローチャートである。

ステップS101では、トポロジ情報格納テーブル11からトポロジ情報を取得する。ステップS102では、スパニング・ツリー情報格納テーブル13からスパニング・ツリー情報を取得する。そして、スパニング・ツリー情報格納テーブル13に登録されている全てのスパニング・ツリーについて、ステップS103～S106の処理を実行する。

ステップS103では、スパニング・ツリーを1つ抽出する。ステップS104では、ステップS103で抽出したスパニング・ツリー上に要求された仮想LANを収容したと仮定した場合の各リンクの使用帯域を計算する。ステップS105では、ステップS103で抽出したスパニング・ツリー上に要求された仮想LANを収容できるか否かを調べる。すなわち、ステップS104で算出した使用帯域が、対応するリンクの帯域幅以下であるかを調べる。そして、要求された仮想LANを収容可能な場合は、ステップS106において、パラメータ演算処理を実行する。なお、このパラメータ演算処理については、後で説明する。

全てのスパニング・ツリーについてステップS103～S106の処理が終了すると、ステップS107において、要求された仮想LANを収容可能なスパニング・ツリーが存在するか否かを調べる。そして、そのようなスパニング・ツリーが存在する場合は、ステップS108において、仮想LANを収容すべきスパニング・ツリーを1つ選択する。なお、この選択処理については、後で説明をする。一方、そのようなスパニング・ツリーが存在しなかった場合は、ステップS109において、仮想LANを収容できない旨のメッセージを出力する。

図36(a)～図37(c)は、それぞれ、図35に示すステップS106およびS108の処理の具体例を説明する図である。

図36 (a) に示す例では、ステップS106の処理として、当該スパンニング・ツリーに仮想LANを収容したと仮定した場合の総ホップ数を調べる。そして、当該スパンニング・ツリーを識別するスパンニング・ツリー識別子MSTIDと対応づけて、その総ホップ数を記憶する。また、ステップS108の処理としては、仮想LANオーダを受け付けた旨のメッセージを出力すると共に、総ホップ数が最小のスパンニング・ツリーを識別するスパンニング・ツリー識別子MSTIDを出力する。

図36 (b) に示す例では、ステップS106の処理として、当該スパンニング・ツリーに仮想LANを収容したと仮定した場合の帯域増加量を調べる。そして、当該スパンニング・ツリーを識別するスパンニング・ツリー識別子MSTIDと対応づけて、その帯域増加量を記憶する。また、ステップS108の処理としては、仮想LANオーダを受け付けた旨のメッセージを出力すると共に、帯域増加量が最小のスパンニング・ツリーを識別するスパンニング・ツリー識別子MSTIDを出力する。

図36 (c) および図37 (a) に示す例では、ステップS106の処理として、当該スパンニング・ツリーに仮想LANを収容したと仮定した場合のリンク利用率のばらつきを調べる。そして、当該スパンニング・ツリーを識別するスパンニング・ツリー識別子MSTIDと対応づけて、そのばらつき量を記憶する。また、ステップS108の処理としては、仮想LANオーダを受け付けた旨のメッセージを出力すると共に、リンク利用率のばらつきが最小のスパンニング・ツリーを識別するスパンニング・ツリー識別子MSTIDを出力する。

ただし、図36 (c) に示す例では、既に他の仮想LANに割り当てられている帯域に、新たに要求された仮想LANの申告帯域を加算した結果に基づいて、リンク毎の利用率が算出される。一方、図37 (a) に示す例では、実際に使用されている帯域を測定し、その測定された帯域に新たに要求された仮想

LANの申告帯域を加算した結果に基づいて、リンク毎の利用率が算出される。

図37 (b) に示す例では、ステップS106の処理として、当該スパニング・ツリーに仮想LANを収容したと仮定した場合の伝送遅延時間の和を調べる。そして、当該スパニング・ツリーを識別するスパニング・ツリー識別子M5 STIDと対応づけて、その伝送遅延時間の和を記憶する。また、ステップS108の処理としては、仮想LANオーダを受け付けた旨のメッセージを出力すると共に、伝送遅延時間の和が最小のスパニング・ツリーを識別するスパニング・ツリー識別子MSTIDを出力する。

図37 (c) に示す例では、ステップS106の処理として、当該スパニング・ツリーに仮想LANを収容したと仮定した場合の利用料金の和を調べる。
10 そして、当該スパニング・ツリーを識別するスパニング・ツリー識別子MSTIDと対応づけて、その利用料金の和を記憶する。また、ステップS108の処理としては、仮想LANオーダを受け付けた旨のメッセージを出力すると共に、利用料金の和が最小のスパニング・ツリーを識別するスパニング・ツリー
15 識別子MSTIDを出力する。

<シミュレーション1>

図38 (a) に示すネットワークを前提とする。なお、各リンクのコストは、すべて互いに同じであるものとする。また、収容すべき仮想LANは、本社システム、および1または複数の支社システムを相互に接続するものであり、本20 社システムから各支社システムへのトラヒックのための帯域として10Mbps、各支社システムから本社システムへのトラヒックのための帯域として5Mbps、支社システム間のトラヒックのための帯域として3Mbpsが申告されたものとする。

そして、このような環境下で、本発明の方法、従来の方法、および単一スパ
25 ニング・ツリーによる方法を比較する。なお、「本発明の方法」は、図1～図3

7を利用して説明したように、予め複数のスパンニング・ツリーを構築しておき、仮想LANオーダを受け付けたときに、それら複数のスパンニング・ツリーの中から適切なツリーを選択して仮想LANオーダに割り当てるものである。ここで、根ノードはランダムに選択され、また、仮想LANのホップ数が最小になるようにスパンニング・ツリーが選択されるものとしている。これに対して「従来の方法」は、仮想LANオーダを受け付ける毎に新たなスパンニング・ツリーを構築して、それを仮想LANオーダに割り当てるものである。

図38(b)では、ユーザから仮想LANオーダを受けたときから、仮想LANサービスを開始するための設定が終了するまでの時間が比較されている。
10 ここで、「アクセスノード」とは、ユーザを収容するノードを意味する。そして、例えば、「アクセスノード数=5」は、本社システムおよび4つの支社システムが互いに異なるノードに収容されていることを意味するものとする。

図38(b)に示すように、「従来の方法」においては、サービス開始までに要する時間が、アクセスノード数が増えるに従って急激に（指數関数的に）長
15 くなっていく。これに対して、「本発明の方法」においては、アクセスノード数が増加しても、サービス開始までに要する時間はさほど増加しない。

図38(c)では、収容可能な仮想LANの数が比較されている。ここでは、各仮想LANのアクセスノード数が「5」であるものとしている。そして、図
38(c)に示すように、単一のスパンニング・ツリーによる方法では、収容可
20 能な仮想LANの数は、約500である。これに対して、本発明の方法では、約700程度の仮想LANを収容することができる。なお、収容可能な仮想LANの数を比較した場合、この例では、「本発明の方法」よりも「従来の方法」の方が若干有利である。しかし、「従来の方法」では、収容される仮想LANの数が増えると、上述したように、「サービス開始までに要する時間」が急激に劣化するという問題が生じる。

このように、本発明の方法は、サービス開始までの時間の短縮、および収容可能な仮想LANの数の増加を、バランスよく実現することができる。

<シミュレーション2>

- 本発明に係わる第1の方法および第2の方法を比較する。ここで、第1の方法では、根ノードをランダムに選択しながら複数のスパンニング・ツリーを構築する際に、各リンクがスパンニング・ツリーに含まれる毎にそのコストを1ずつインクリメントすることで、ツリーの重複を回避するようになっている。また、複数のスパンニング・ツリーから1つのスパンニング・ツリーを選択する方法は、上述した第4の実施例に従い、総ホップ数が最小になるツリーが選択される。
- 一方、第2の方法では、複数のスパンニング・ツリーを構築する方法は、上述した第2の実施例に従う。すなわち、各リンクの優先度を考慮しつつ、一度も利用されないリンクが存在しないように複数のスパンニング・ツリーが構築される。また、複数のスパンニング・ツリーから1つのスパンニング・ツリーを選択する方法は、上述した第5の実施例に従い、リンク利用率のばらつきが最小になるようにツリーが選択される。

なお、シミュレーション2が前提とするネットワークモデルは、特に図示しないが、上述したシミュレーション1が前提とするネットワークモデルとは異なっている。

- 図39は、収容可能な仮想LANの数についての比較結果を示す図である。
- ここでは、予め構築しておくスパンニング・ツリーの数を16とする。そして、「アクセスノード数=5」および「アクセスノード数=10」の場合のシミュレーション結果を、それぞれ図39(a)および図39(b)に示す。

これらのシミュレーション結果から分かるように、収容可能な仮想LANの数に注目すると、第2の方法の方が有利である。すなわち、第2の方法の方が、通信資源（或いは、帯域）が有効に利用されていると言える。この理由は、帯

域幅の大きなリンクが優先的に使用されたスパニング・ツリーが予め用意されているので、局所的なリンク利用率の上昇が抑えられるからであると考えられる。

なお、上述した「複数のスパニング・ツリーを構築する方法」および「複数のスパニング・ツリーの中から1つのスパニング・ツリーを選択する方法」は、5 任意に組み合わせができる。

図40は、ネットワーク管理システム1として動作するコンピュータのハードウェア構成図である。なお、仮想LAN構築機能は、コンピュータを用いて上述のフローチャートに示した処理を記述したプログラムを実行することによって実現される。10

CPU101は、上述のフローチャートに示した処理を記述したプログラムを記憶装置102からメモリ103にロードして実行する。記憶装置102は、例えばハードディスクであり、上記プログラムを格納する。なお、記憶装置102は、コンピュータ100に接続される外部記憶装置であってもよい。メモリ103は、例えば半導体メモリであり、CPU101の作業領域として使用される。15

記録媒体ドライバ104は、CPU101の指示に従って可搬性記録媒体105にアクセスする。可搬性記録媒体105は、例えば、半導体デバイス(PCカード等)、磁気的作用により情報が入出力される媒体(フレキシブルディスク、磁気テープ等)、光学的作用により情報が入出力される媒体(光ディスク等)を含むものとする。入力装置は、例えば、キーボードおよびポインティングデバイスであり、ネットワーク管理者の入力をCPU101に伝える。通信制御装置107は、CPU101の指示に従って、ネットワークを介してデータを送受信する。20

トポロジ情報格納テーブル11およびスパニング・ツリー情報格納テーブル25

13は、例えば、記憶装置12に格納されている。また、スパニング・ツリー構築部12、スパニング・ツリー選択部14、ノード設定部15、優先度設定部16は、上述したフローチャートの処理を記述したプログラムをCPU10
1を用いて実行することにより実現される。なお、ノード設定部15は、通信
5 制御装置107を介して各ノードに指示を送信する。

本発明によれば、仮想LANサービスが要求されたときからそのサービスを開始できるようになるまでの時間が大幅に短縮される。また、各リンクの優先度に応じた経路で仮想LANを提供できる。さらに、考慮すべき通信パラメータを参照して仮想LANを設計できる。特に、リンク利用率のばらつきを考慮
10 してスパニング・ツリーを選択する場合には、通信資源の有効利用が図れる。

請求の範囲

1. 複数のノードが接続されたネットワークに仮想LANを構築する装置であって、
 - 5 上記ネットワークのトポロジを表すトポロジ情報を格納するトポロジ情報格納手段と、

上記トポロジ情報格納手段に格納されているトポロジ情報を参照して複数のスパンニング・ツリーを構築するスパンニング・ツリー構築手段と、

上記スパンニング・ツリー構築手段により構築された複数のスパンニング・ツリーのそれぞれを表すスパンニング・ツリー情報を格納するスパンニング・ツリー情報格納手段と、

上記スパンニング・ツリー情報格納手段に格納されているスパンニング・ツリー情報により表される複数のスパンニング・ツリーの中から、要求された仮想LANに対応するスパンニング・ツリーを選択するスパンニング・ツリー選択手段と、
 - 10 15 スパンニング・ツリー情報格納手段に格納されているスパンニング・ツリー情報、および上記スパンニング・ツリー選択手段により選択されたスパンニング・ツリーと上記要求された仮想LANとの対応関係を表すマッピング情報を、上記複数のノードに設定するノード設定手段、

を有することを特徴とする仮想LAN構築装置。
- 20 2. 請求項1に記載の仮想LAN構築装置であって、
 - 25 上記トポロジ情報格納手段に格納されているトポロジ情報に上記複数のノード間の各リンクの優先度を表すリンク優先度情報を付加するリンク優先度設定手段をさらに有し、

上記スパンニング・ツリー構築手段は、上記リンク優先度情報を参照して複数

のスパニング・ツリーを構築する。

3. 請求項 2 に記載の仮想 LAN 構築装置であって、
上記リンク優先度設定手段は、ネットワーク管理者の指示に基づいて、上記
5 各リンクに対してリンク優先度情報を付加する。

4. 請求項 2 に記載の仮想 LAN 構築装置であって、
上記リンク優先度設定手段は、各リンクの帯域幅に基づいて、それら各リンク
に対しリンク優先度情報を付加する。

- 10 5. 請求項 2 に記載の仮想 LAN 構築装置であって、
上記リンク優先度設定手段は、各リンクの伝送遅延時間に基づいて、それら各リンク
に対してリンク優先度情報を付加する。

- 15 6. 請求項 2 に記載の仮想 LAN 構築装置であって、
上記リンク優先度設定手段は、各リンクの利用料金に基づいて、それら各リンク
に対してリンク優先度情報を付加する。

7. 請求項 1 に記載の仮想 LAN 構築装置であって、
20 上記スパニング・ツリー構築手段は、上記複数のスパニング・ツリーを 1 つ
ずつ順番に構築していく際に、各リンクがそれぞれスパニング・ツリーの一部
として先に使用されている回数に応じて、次のスパニング・ツリーを構築する。

8. 請求項 1 に記載の仮想 LAN 構築装置であって、
25 上記スパニング・ツリー構築手段は、各リンクが少なくとも 1 回はいずれか

のスパニング・ツリーに含まれるように上記複数のスパニング・ツリーを構築する。

9. 請求項 1 に記載の仮想 LAN 構築装置であって、
 - 5 上記スパニング・ツリー構築手段は、

優先度の高いリンクを含むスパニング・ツリーを 1 つ構築する第 1 の構築手段と、

上記第 1 の構築手段によりスパニング・ツリーが構築された後、スパニング・ツリーを構成する要素として一度も使用されないリンクが無くなるまで

 - 10 1 または複数のスパニング・ツリーを構築する第 2 の構築手段と、

上記第 2 の構築手段によりスパニング・ツリーが構築された後、予め決められた数に達するまで、優先度の高いリンクを含むスパニング・ツリーを構築していく第 3 の構築手段、

を有する。
- 15 10. 請求項 1 に記載の仮想 LAN 構築装置であって、

上記スパニング・ツリー選択手段は、要求された仮想 LAN を収容した際にトータルホップ数が最小となるスパニング・ツリーを選択する。
- 20 11. 請求項 1 に記載の仮想 LAN 構築装置であって、

上記スパニング・ツリー選択手段は、要求された仮想 LAN を収容した際に各リンクに新たに割り当てるべき帯域の和が最小となるスパニング・ツリーを選択する。
- 25 12. 請求項 1 に記載の仮想 LAN 構築装置であって、

上記スパニング・ツリー選択手段は、要求された仮想LANを収容した際にネットワーク全体のリンク利用率のばらつきが最小となるスパニング・ツリーを選択する。

5 13. 請求項11に記載の仮想LAN構築装置であって、

上記スパニング・ツリー選択手段は、上記仮想LANが要求する各リンクの帯域と各リンクに既に割り当てられている帯域との和に基づいて、上記リンク利用率を算出する。

10 14. 請求項11に記載の仮想LAN構築装置であって、

上記スパニング・ツリー選択手段は、上記仮想LANが要求する各リンクの帯域と各リンク上で実際に使用されている帯域との和に基づいて、上記リンク利用率を算出する。

15 15. 請求項1に記載の仮想LAN構築装置であって、

上記スパニング・ツリー選択手段は、要求された仮想LANを収容した際に仮想LANトラヒックが流れる経路の伝送遅延時間の和が最小となるスパニング・ツリーを選択する。

20 16. 請求項1に記載の仮想LAN構築装置であって、

上記スパニング・ツリー選択手段は、要求された仮想LANを収容した際に仮想LANトラヒックが流れる経路の利用料金の和が最小となるスパニング・ツリーを選択する。

25 17. 請求項10～16のいずれか1つに記載の仮想LAN構築装置であつ

て、

上記スパニング・ツリー選択手段は、要求された仮想LANを収容可能なスパニング・ツリーを選択する。

5 18. 複数のノードが接続されたネットワークに仮想LANを構築する装置であって、

上記ネットワークのトポロジに基づいて複数のスパニング・ツリーを構築するスパニング・ツリー構築手段と、

10 上記スパニング・ツリー構築手段により構築された複数のスパニング・ツリーが登録されるスパニング・ツリー情報格納手段と、

上記スパニング・ツリー情報格納手段に登録されている複数のスパニング・ツリーの中から、要求された仮想LANに対応するスパニング・ツリーを選択するスパニング・ツリー選択手段と、

15 上記スパニング・ツリー選択手段により選択されたスパニング・ツリーと上記要求された仮想LANとの対応関係を表すマッピング情報を、上記複数のノードに設定するノード設定手段、

を有することを特徴とする仮想LAN構築装置。

19. 複数のノードが接続されたネットワークに仮想LANを構築する方法20 であって、

上記ネットワークのトポロジに基づいて複数のスパニング・ツリーを構築し、上記複数のスパニング・ツリーを記憶装置に登録し、

上記記憶装置に登録されている複数のスパニング・ツリーの中から、要求された仮想LANに対応するスパニング・ツリーを選択し、

25 上記選択されたスパニング・ツリーと上記要求された仮想LANとの対応関

係を表すマッピング情報を、上記複数のノードに設定する、
を特徴とする仮想 LAN 構築方法。

20. ネットワークを構成する複数のノードと、
- 5 上記ネットワークのトポロジに基づいて複数のスパンニング・ツリーを構築するスパンニング・ツリー構築手段と、
上記スパンニング・ツリー構築手段により構築された複数のスパンニング・ツリーが登録されるスパンニング・ツリー情報格納手段と、
上記スパンニング・ツリー情報格納手段に登録されている複数のスパンニング・ツリーの中から、要求された仮想 LAN に対応するスパンニング・ツリーを選択するスパンニング・ツリー選択手段と、
上記スパンニング・ツリー選択手段により選択されたスパンニング・ツリーと上記要求された仮想 LANとの対応関係を表すマッピング情報を、上記複数のノードに設定するノード設定手段、
- 10 15 を有することを特徴とする仮想 LAN サービスを提供するネットワークシステム。

1/40

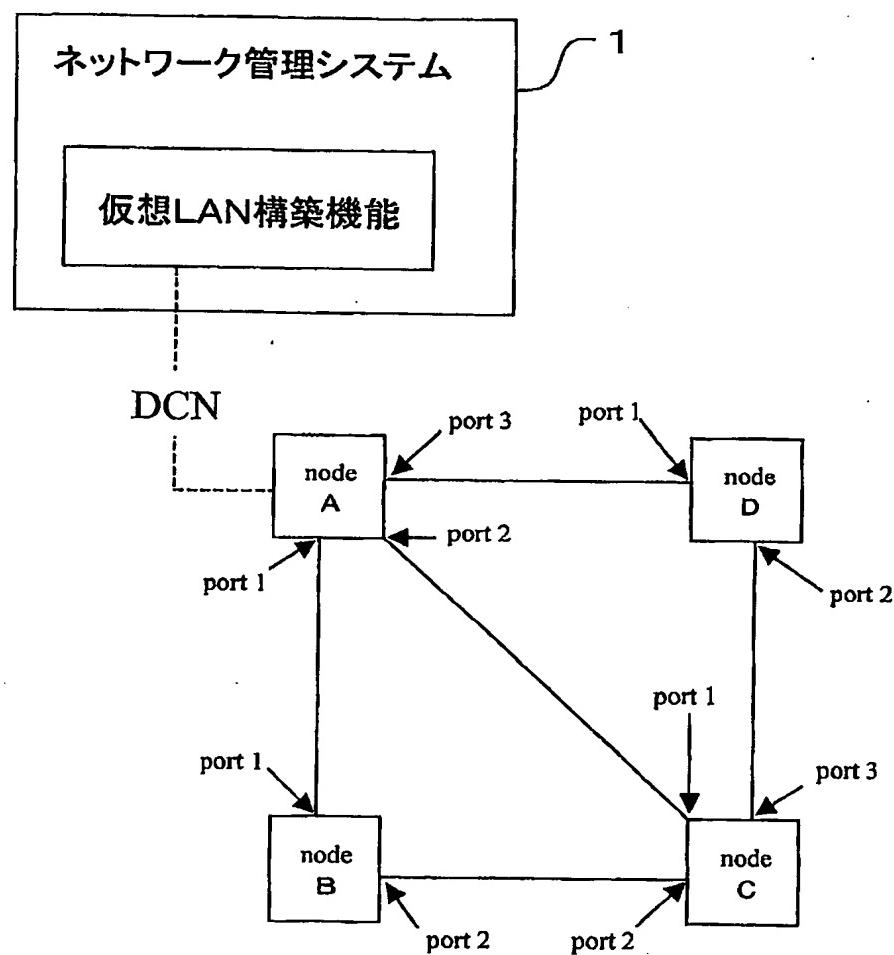


図1

2 / 40

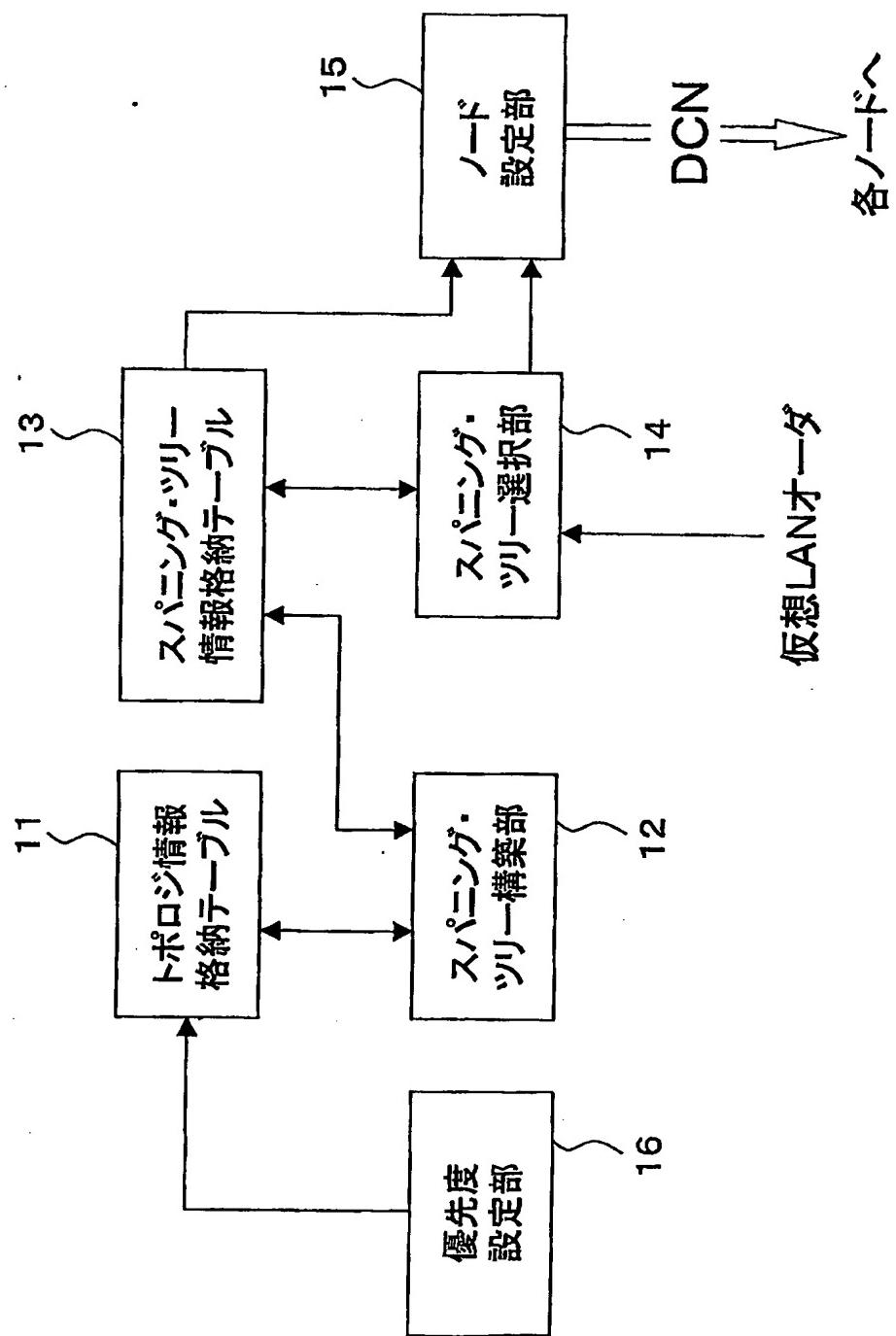


図2

3 / 40

Node	Next	Cost
A	B	10
A	C	10
A	D	10
B	C	10
C	D	30

図3

4/40

スパンニング・ツリー構築前

MST ID	Node	Next
--	--	--

(a)

スパンニング・ツリー構築前

Node	優先度
--	--

(b)

図4

5 / 40

MST ID	Node	Next
1	A	B
1	A	D
1	A	C

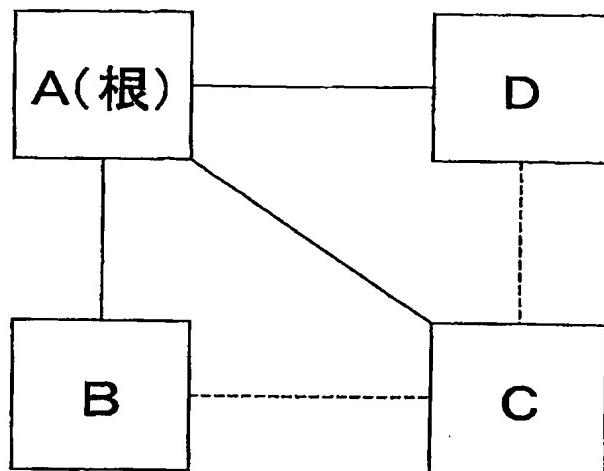
(a)

Node	優先度
A	1
B	10
C	10
D	10

(b)

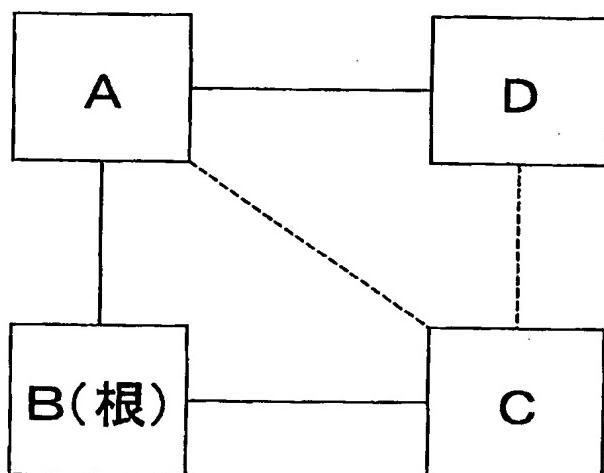
図5

6/40



(MST ID=1)

(a)



(MST ID=2)

(b)

図6

7 / 40

MST ID	Node	Next
1	A	B
1	A	D
1	A	C
2	A	B
2	A	D
2	B	C

(a)

Node	優先度
A	10
B	1
C	10
D	10

(b)

図7

8 / 40

Node	優先度
A	10
B	10
C	10
D	1

図8

9/40

Node A			Node D		
Port ID	MSTID	Cost	Port ID	MSTID	Cost
1	1	1	1	1	1
1	2	1	1	2	1
2	1	1	2	1	65535
2	2	65535	2	2	65535
3	1	1	--	--	--
3	2	1			

Node A			Node D		
Port ID	MSTID	FID	Port ID	MSTID	FID
	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2

Node B			Node C		
Port ID	MSTID	Cost	Port ID	MSTID	Cost
1	1	1	1	1	1
1	2	1	1	2	65535
2	1	65535	2	1	65535
2	2	1	2	2	1
			3	1	65535
			3	2	65535

Node B			Node C		
Port ID	MSTID	FID	Port ID	MSTID	FID
	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2

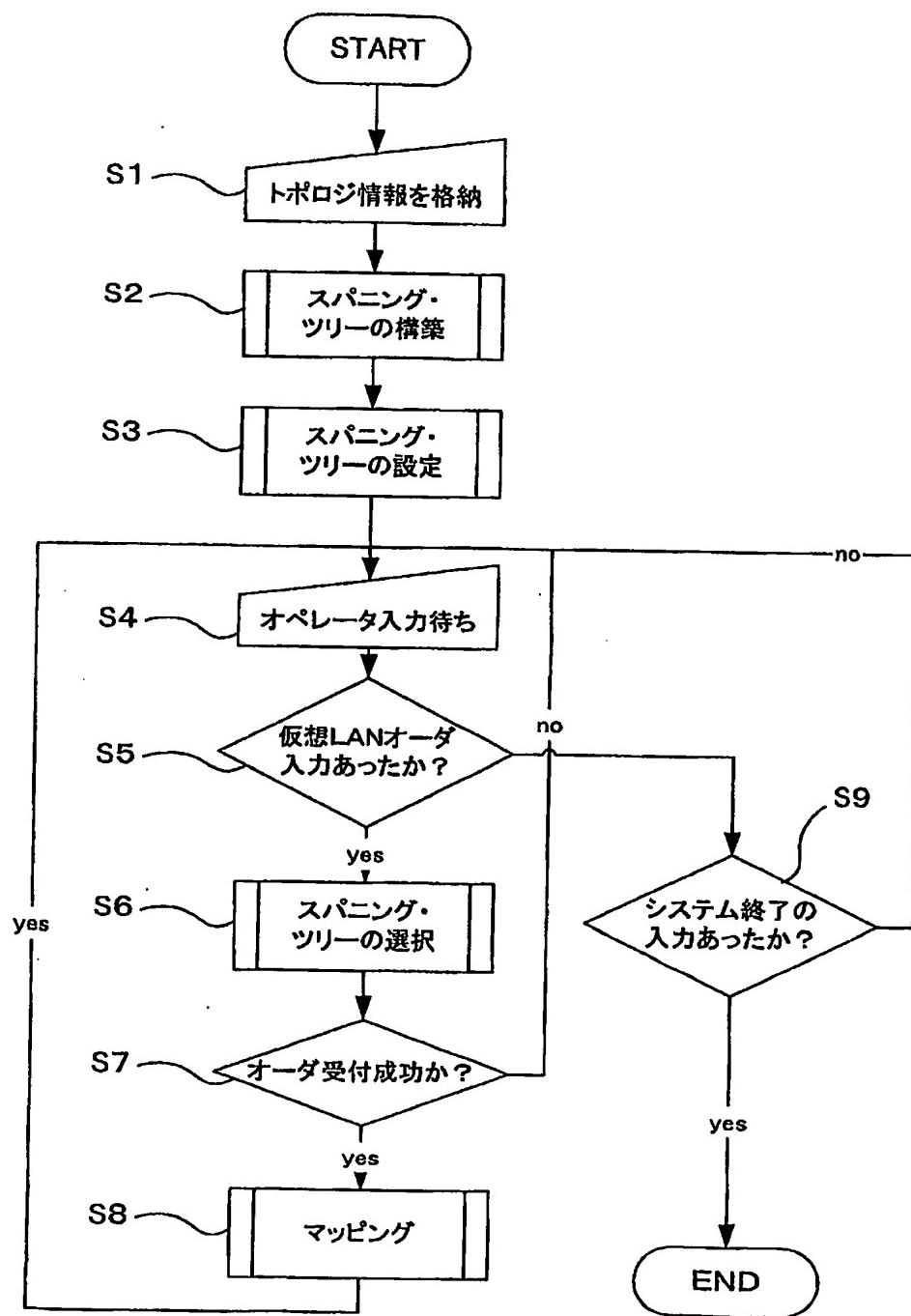
図9

10 / 40

Node A			Node D			Node C			Node B		
Port ID	MSTID	Cost	Port ID	MSTID	Cost	Port ID	MSTID	Cost	Port ID	MSTID	Cost
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	2	1	1	2	1	1	2	1	2	2	2
2	1	1	2	1	65535	2	1	65535	2	VLAN ID	VLAN ID
2	2	65535	FID	VLAN ID	--	2	2	65535	FID	VLAN ID	--
3	1	1	--	--	--	2	1	65535	2	1	--
3	2	1									

图 10

11/40



12/40

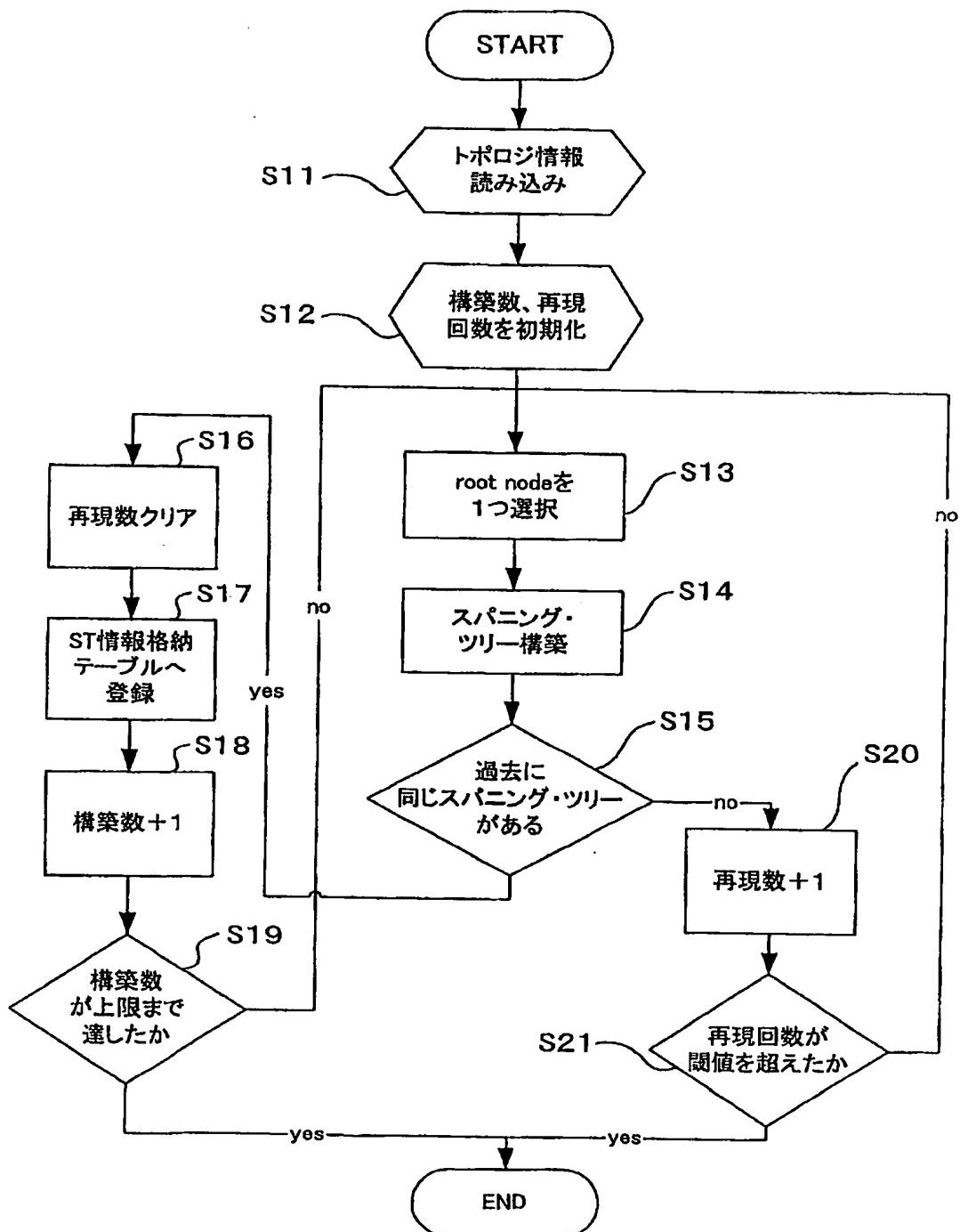
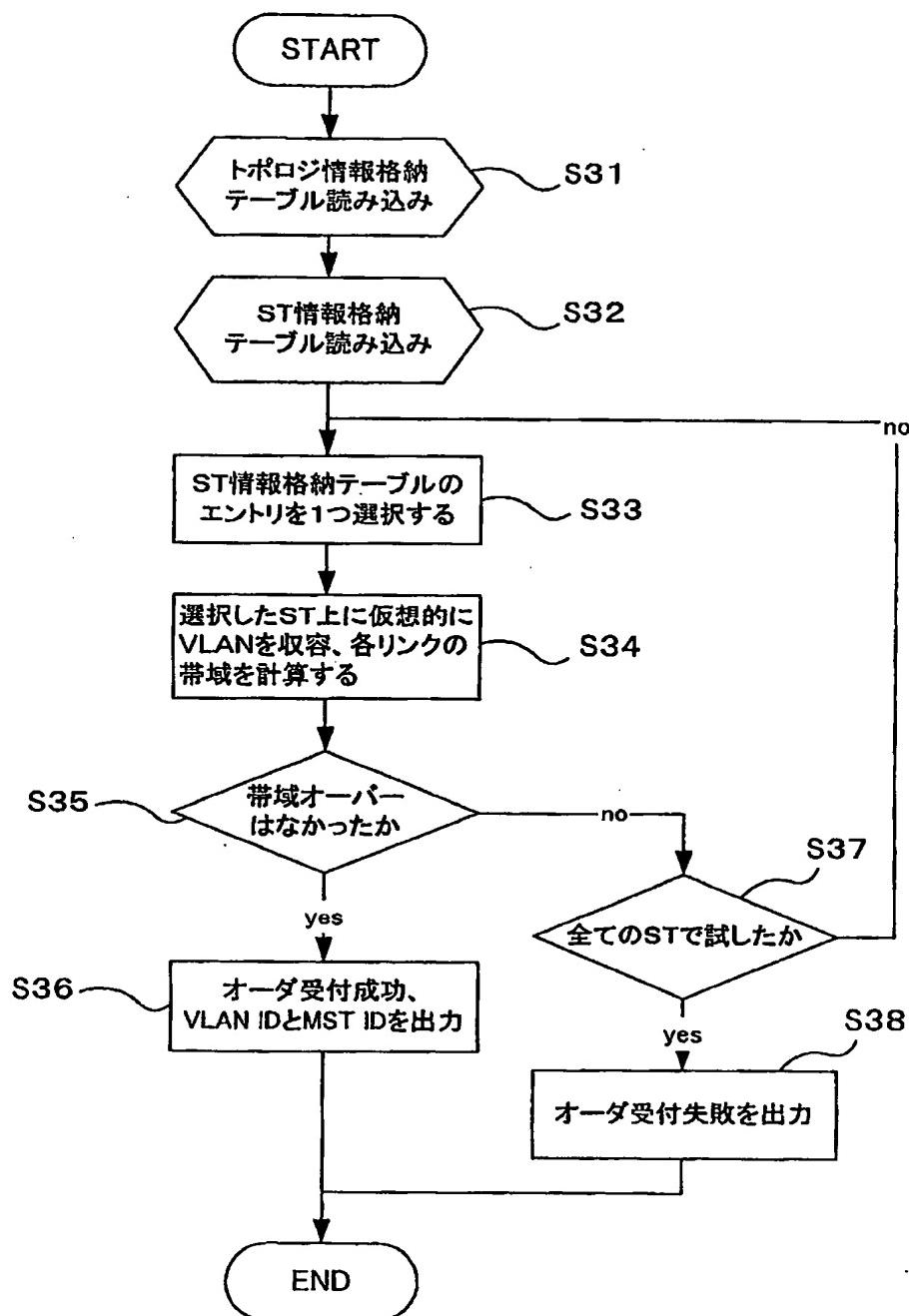


図12

13/40



14/40

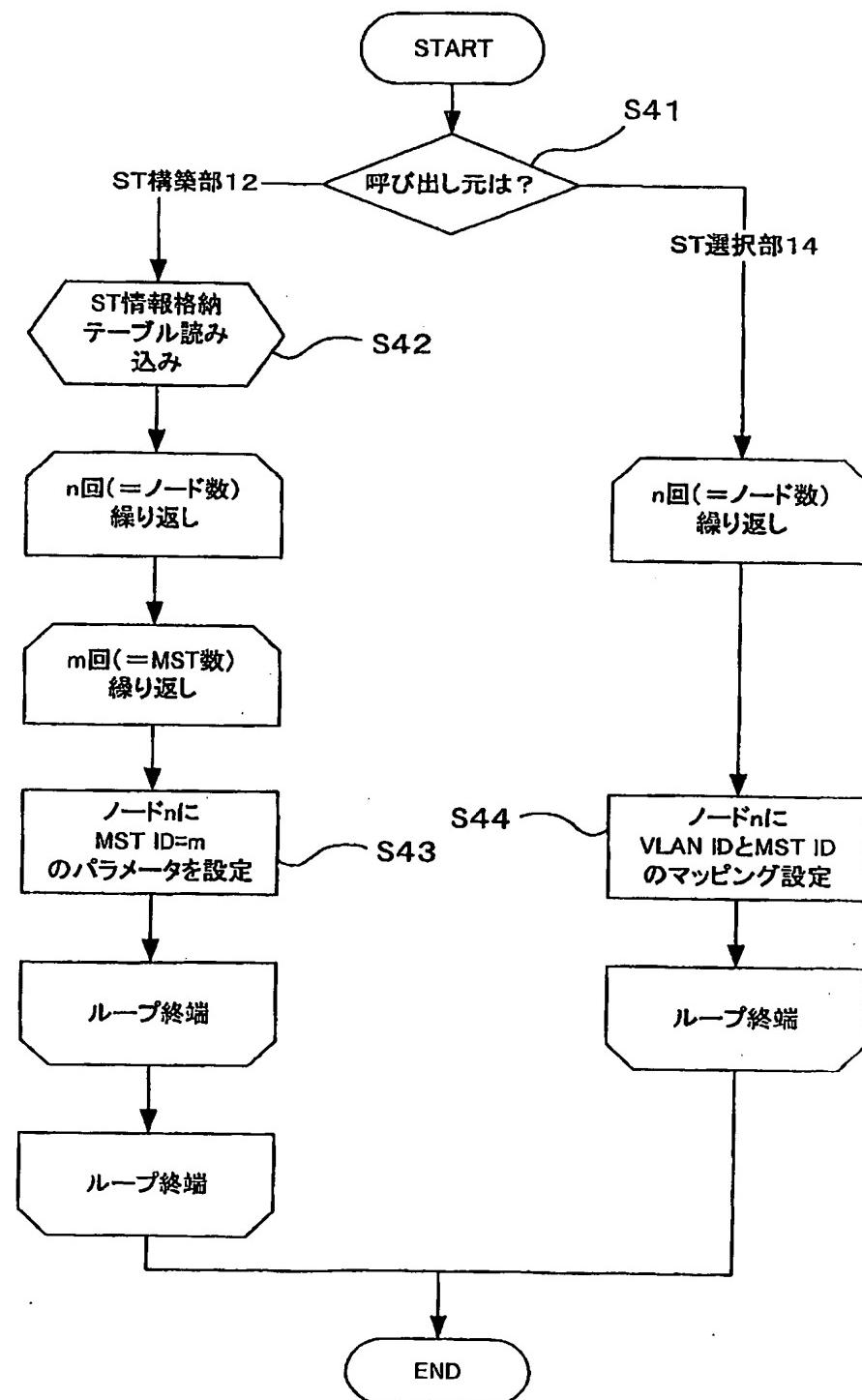


図14

15/40

Node	Next	Cost	パラメータ	優先度フラグ
A	B	10	--	--
A	C	10	--	--
A	D	10	--	--
B	C	10	--	--
C	D	30	--	--

図 15

16 / 40

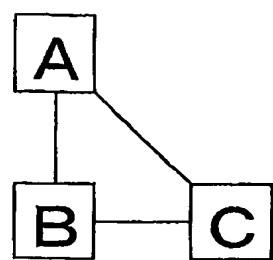
Node	Next	Cost	パラメータ	優先度フラグ
A	B	10	5	--
A	C	10	10	--
A	D	10	1	--
B	C	10	5	--
C	D	30	1	--

(a)

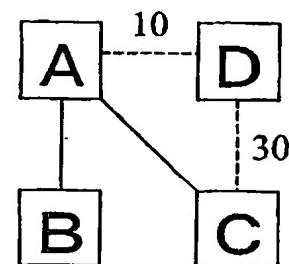
Node	Next	Cost	パラメータ	優先度フラグ
A	B	10	5	1
A	C	10	10	1
A	D	10	1	0
B	C	10	5	1
C	D	30	1	0

(b)

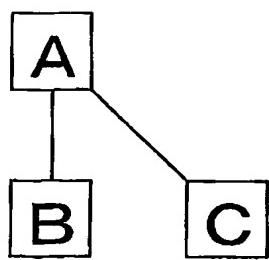
17/40



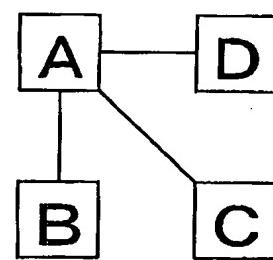
(a)



(c)



(b)



(d)

18 / 40

集合Aのトポロジ情報

	Node	Next	Cost
(a)	A	B	10
	A	C	10
	B	C	10

根ノードの指定

	Node	優先度
(b)	A	1
	B	10
	C	10

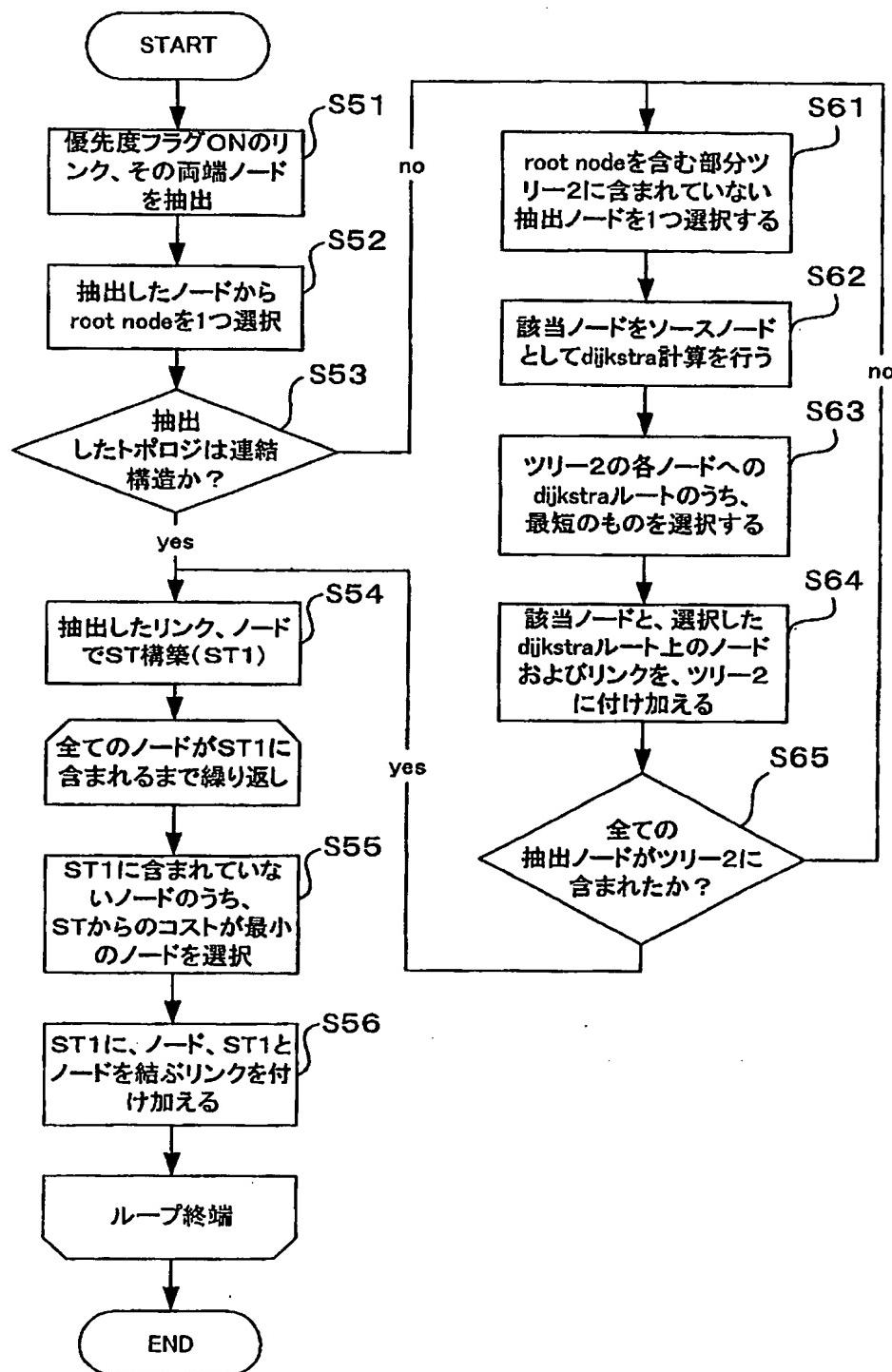
集合A内でのスパニング・ツリー

	MST ID	Node	Next
(c)	--	A	B
	--	A	C

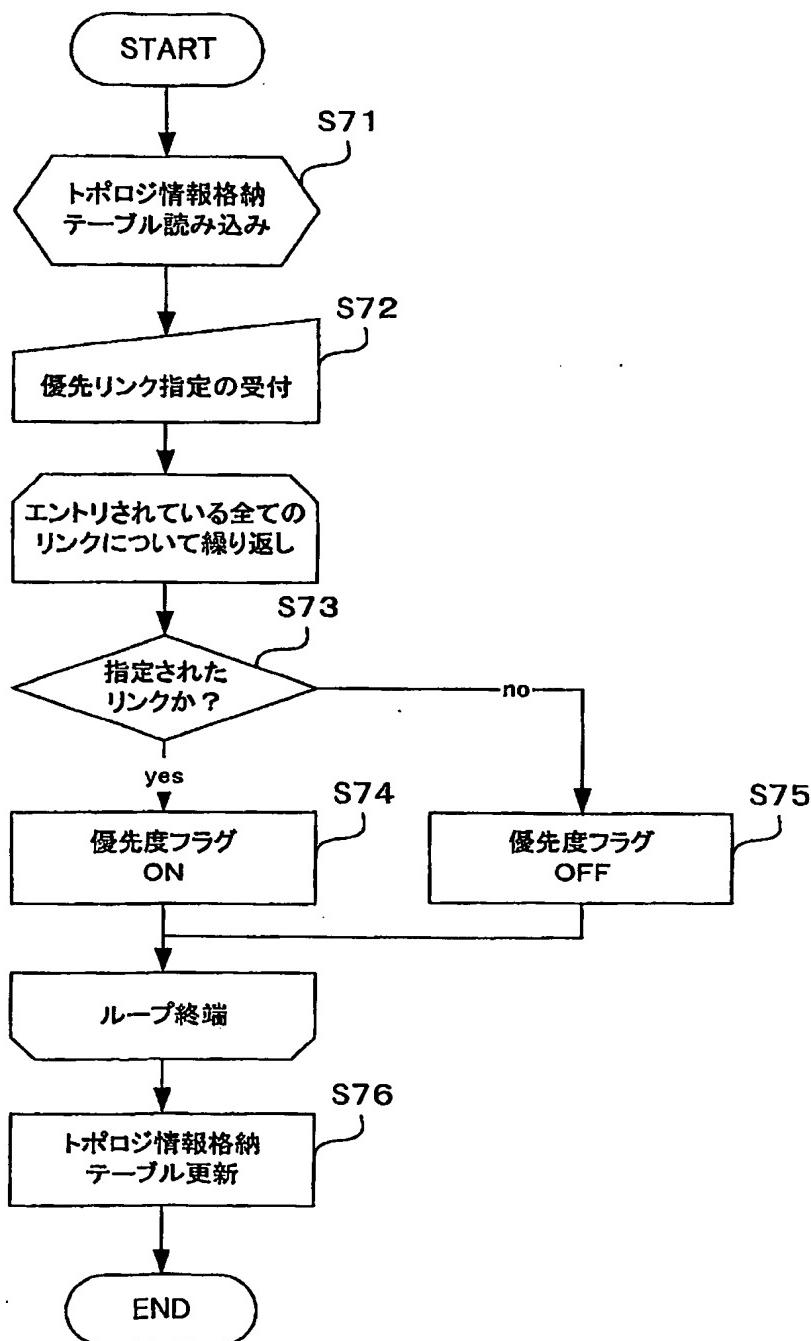
完成したスパニング・ツリー

	MST ID	Node	Next
(d)	1	A	B
	1	A	C
	1	A	D

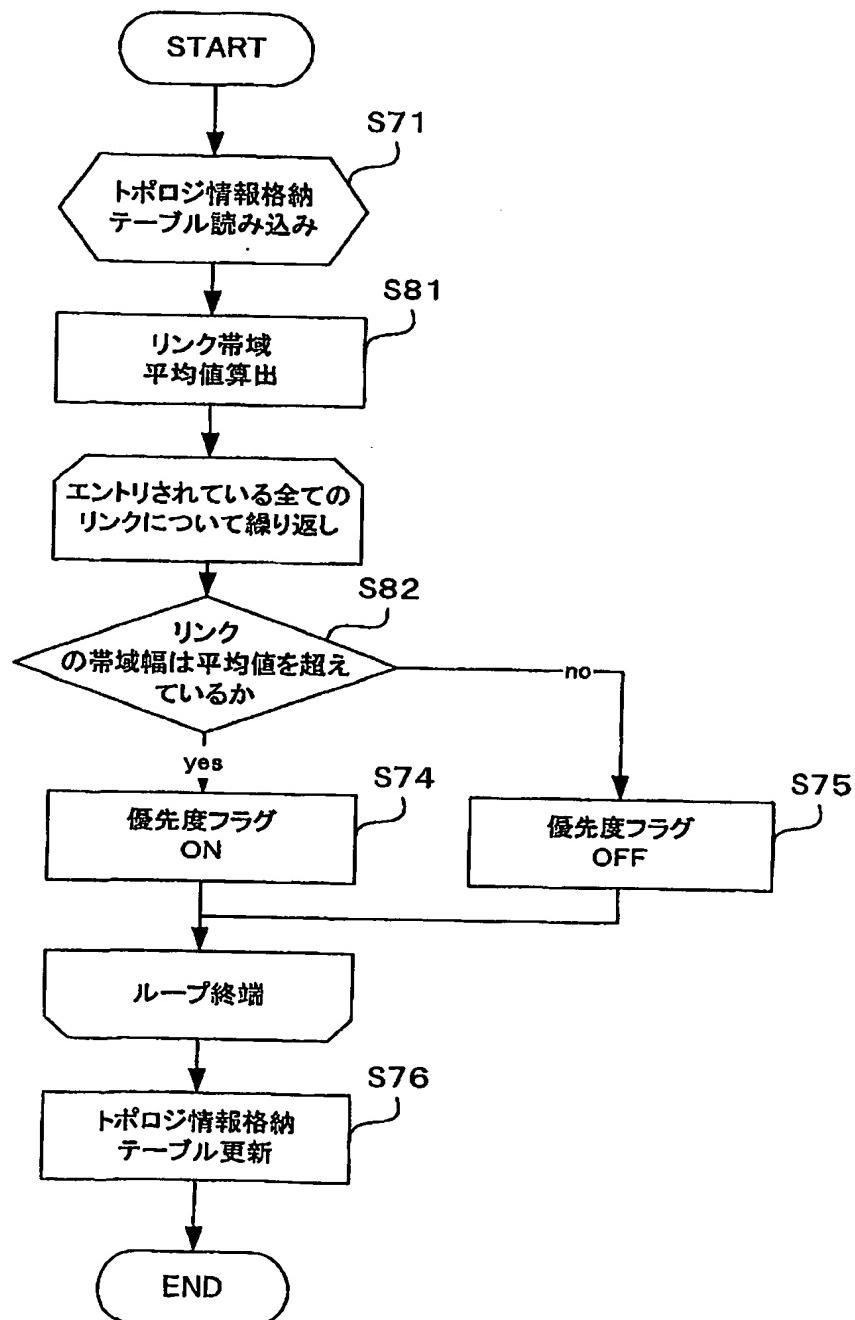
19/40



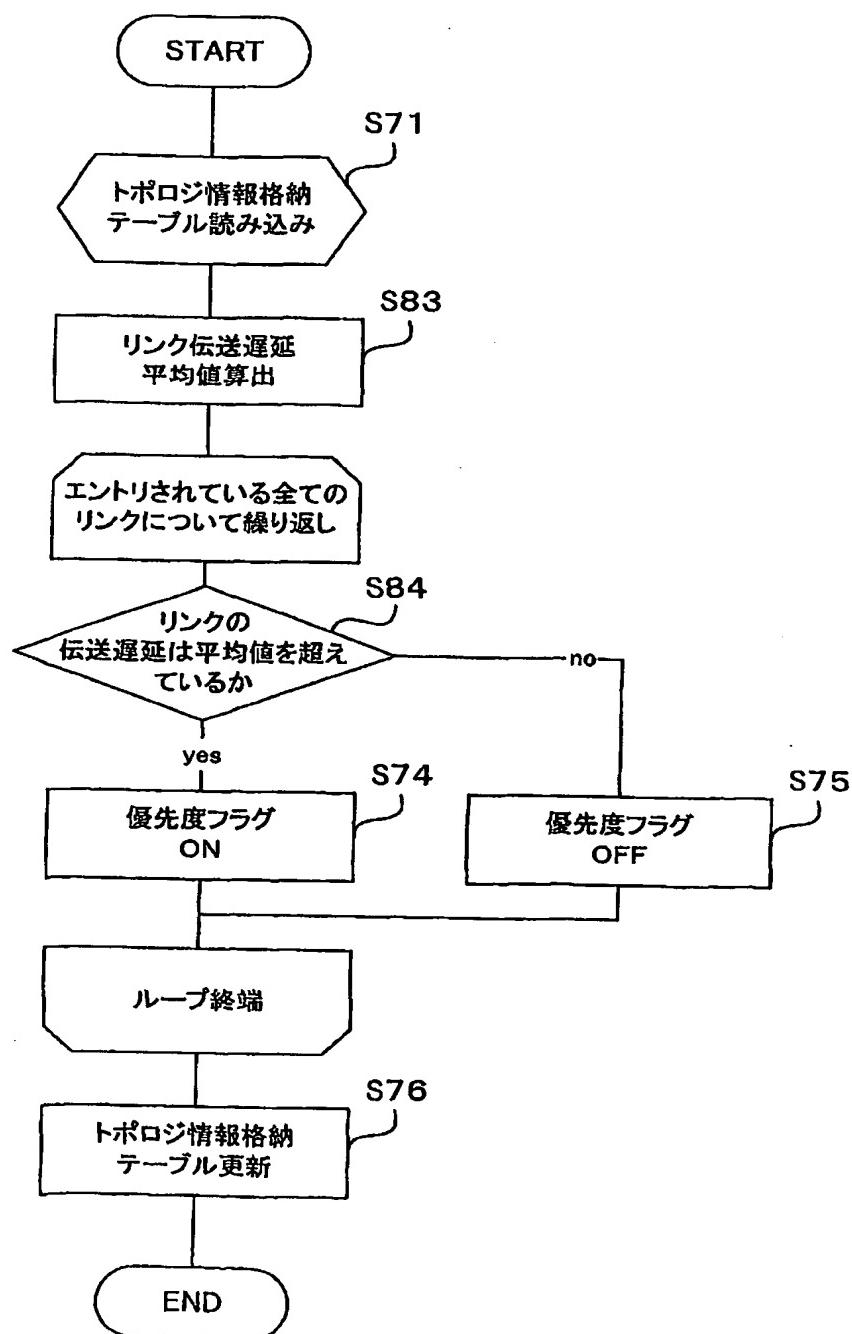
20/40



21/40



22 / 40



23/40

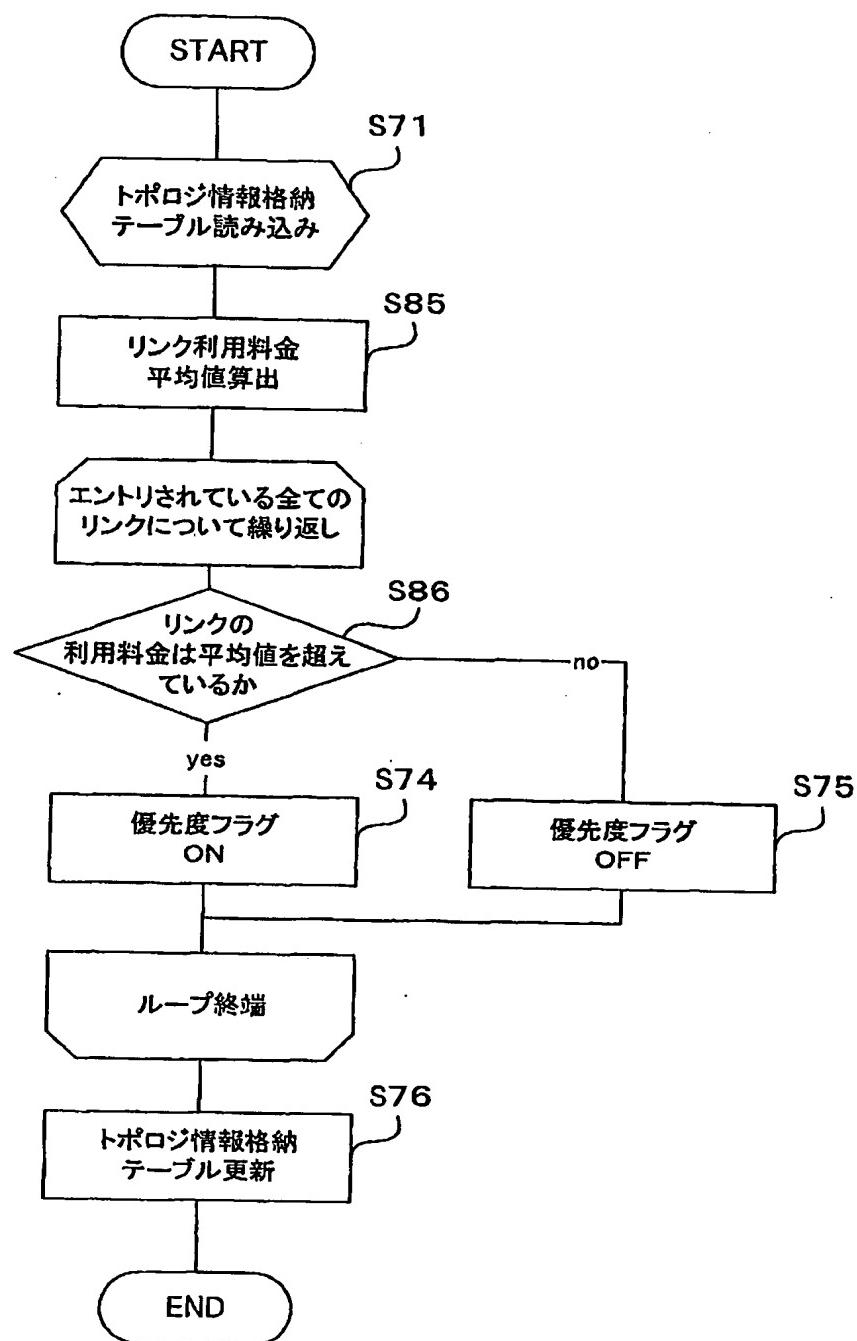


図23

24 / 40

Node	Next	Cost	パラメータ	リンク選択回数	優先度
A	B	10	5	0	1
A	C	10	10	0	1
(a) A	D	10	1	0	0
B	C	10	5	0	1
C	D	30	1	0	0

Node	Next	Cost	パラメータ	リンク選択回数	優先度
A	B	10	5	1	1
A	C	10	10	1	1
(b) A	D	10	1	1	0
B	C	10	5	0	1
C	D	30	1	0	0

Node	Next	Cost	パラメータ	リンク選択回数	優先度
A	B	10	5	1	1
A	C	10	10	1	1
(c) A	D	10	1	2	0
B	C	10	5	1	1
C	D	30	1	1	0

(a)

(b)

(c)

図24

25/40

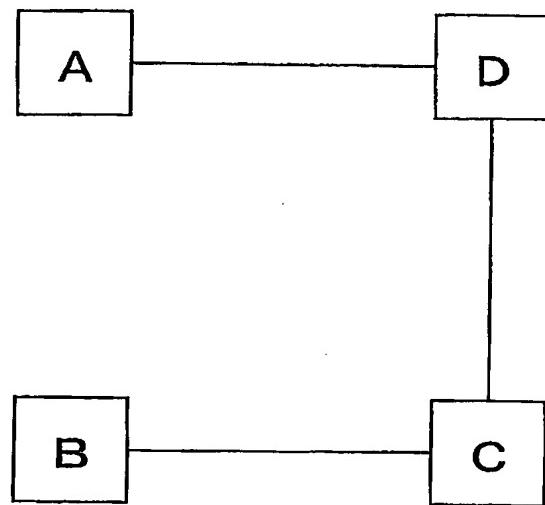
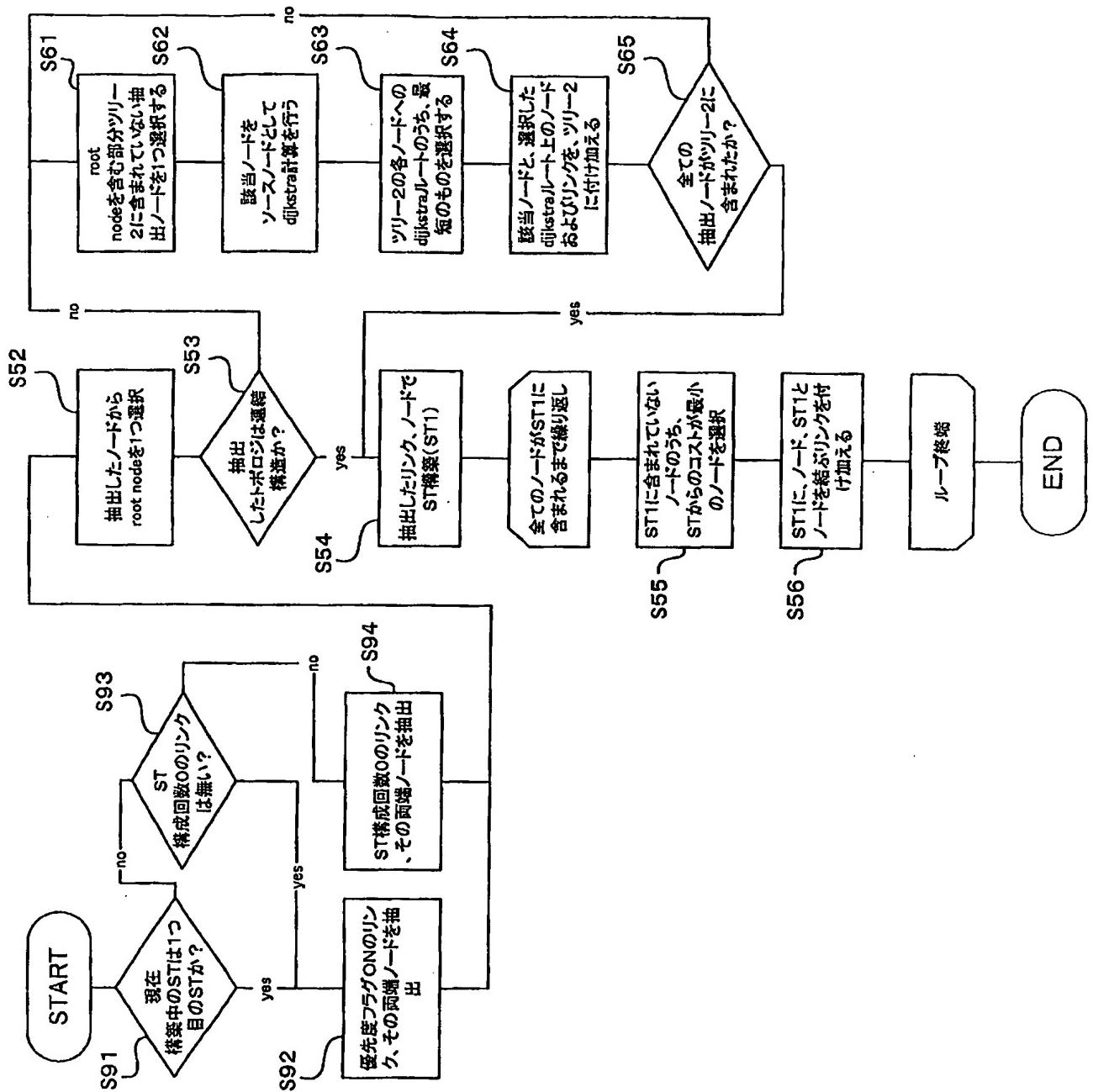


図25

26 / 40



- 89 -

27 / 40

Node	Next	Cost	帯域幅	使用中帯域
A	B	10	5	0.5
A	C	10	10	1.0
A	D	10	1	0.8
B	C	10	5	2.5
C	D	30	1	0.1

図27

28/40

MSTID	Total Hop
--	--

(a)

MSTID	Total Hop
2	2
3	3

(b)

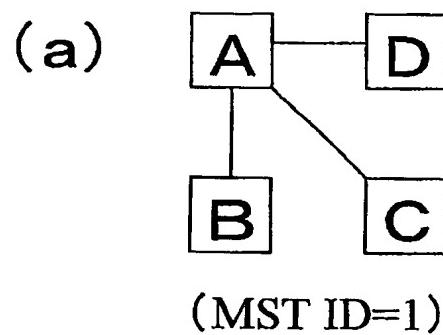
図28

29 / 40

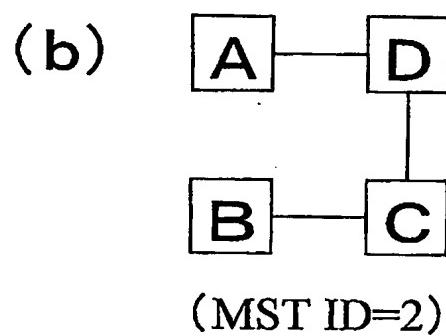
MST ID	Node	Next
1	A	B
1	A	D
1	A	C
2	A	D
2	B	C
2	C	D
3	A	B
3	A	C
3	C	D

图29

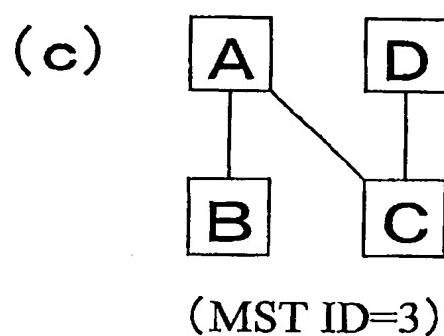
30/40



(MST ID=1)



(MST ID=2)



(MST ID=3)

図30

31/40

MSTID	帯域増加量
--	--

(a)

MSTID	帯域増加量
2	1.0
3	1.5

(b)

図31

32/40

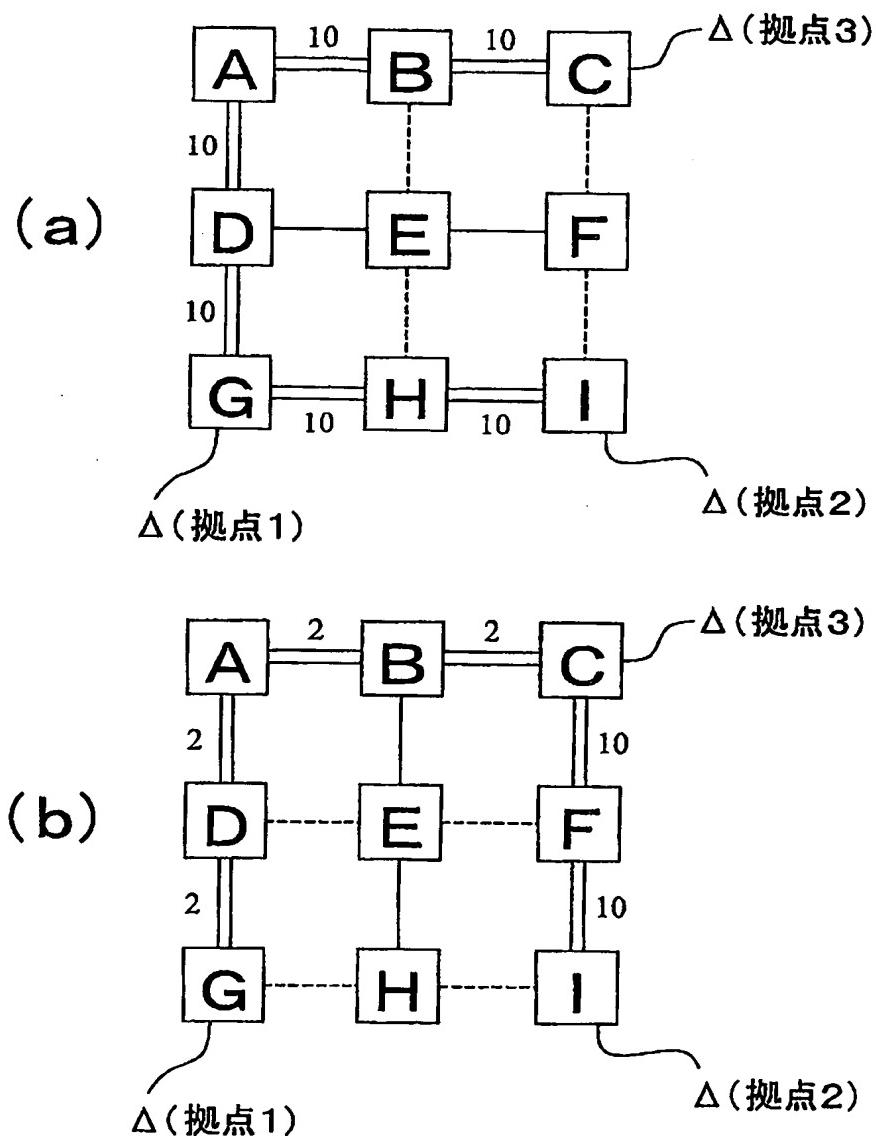


図32

33/40

MSTID	VAR
--	--

(a)

MSTID	VAR
2	0.0824
3	0.06

(b)

図33

34/40

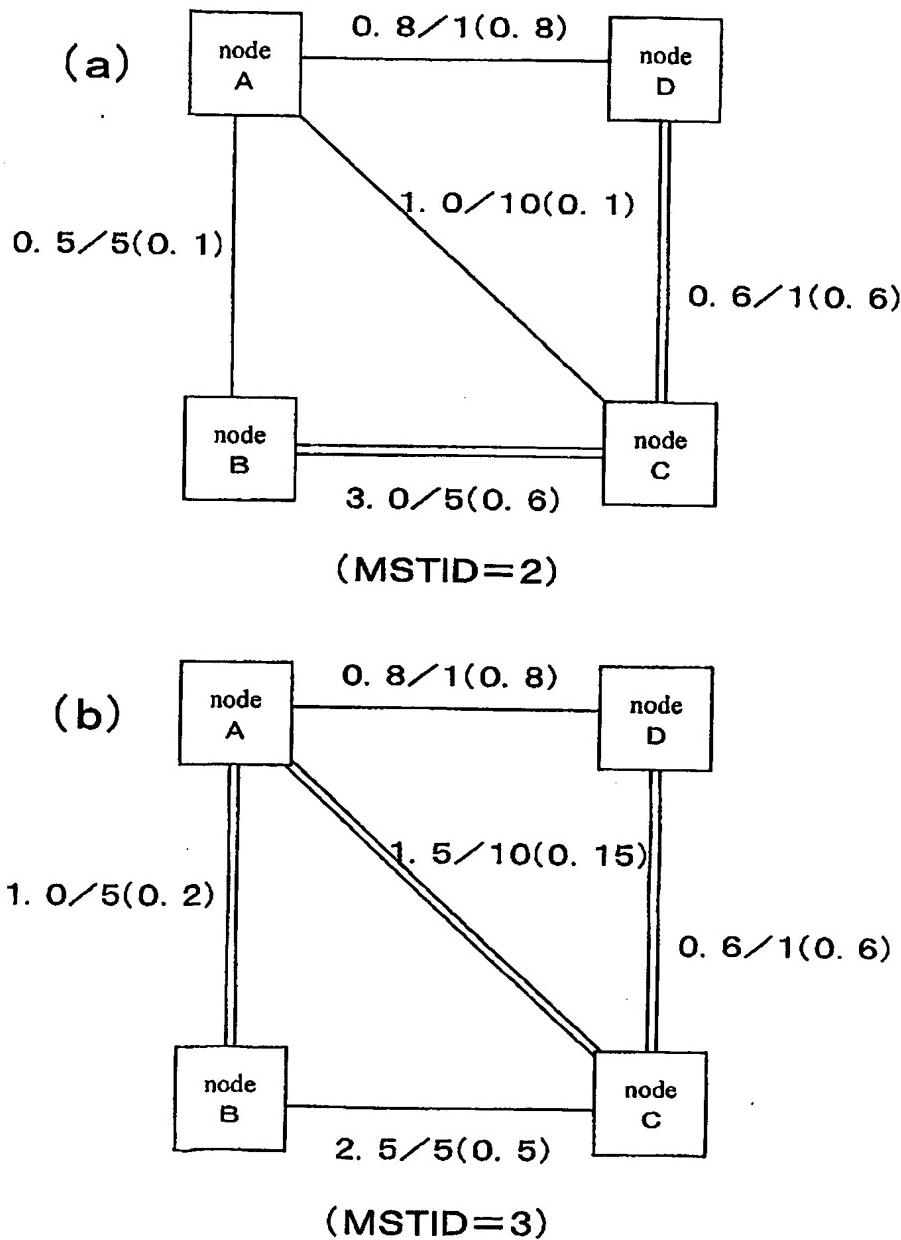


図34

35/40

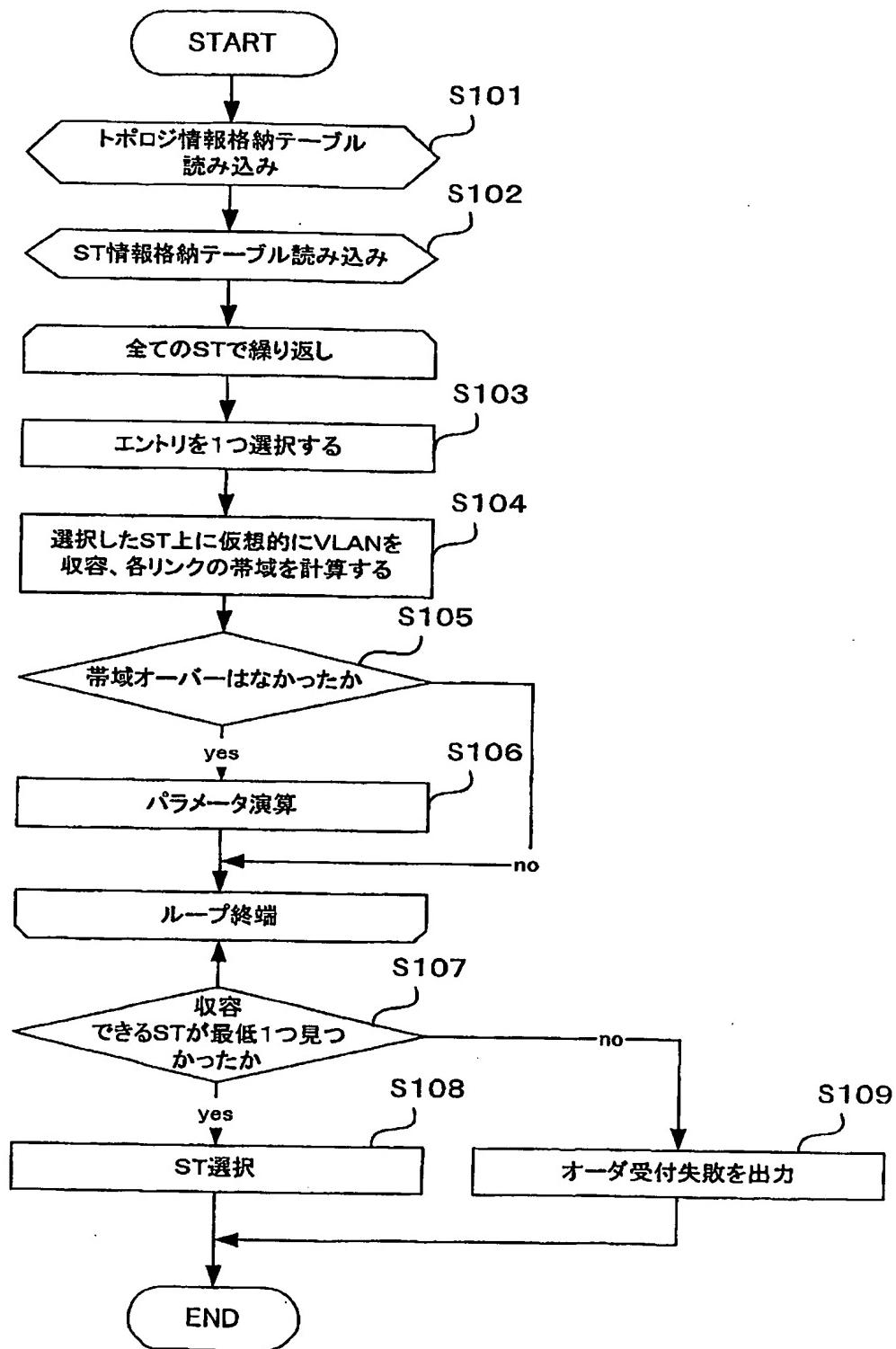
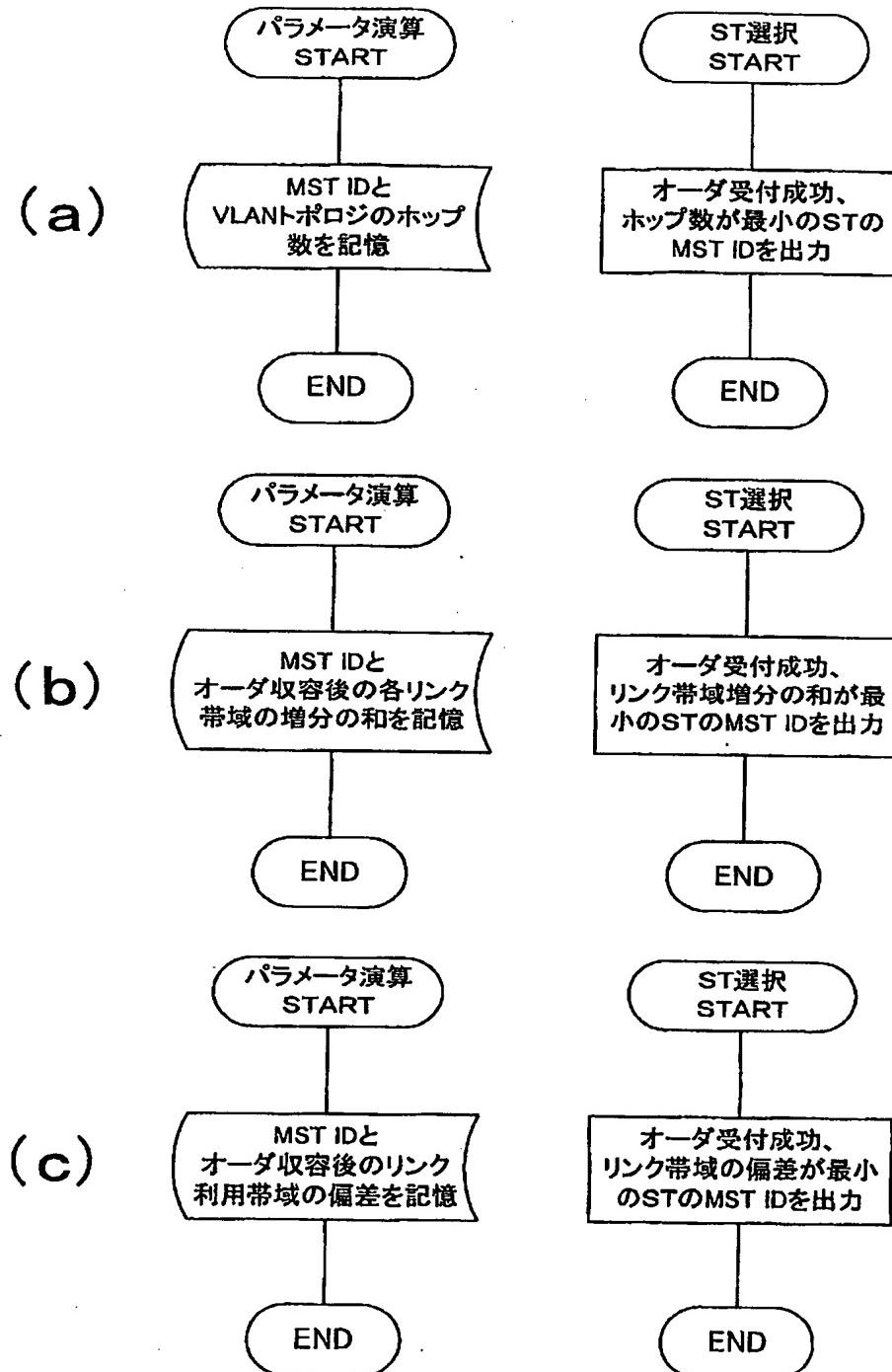


図35

36/40



37 / 40

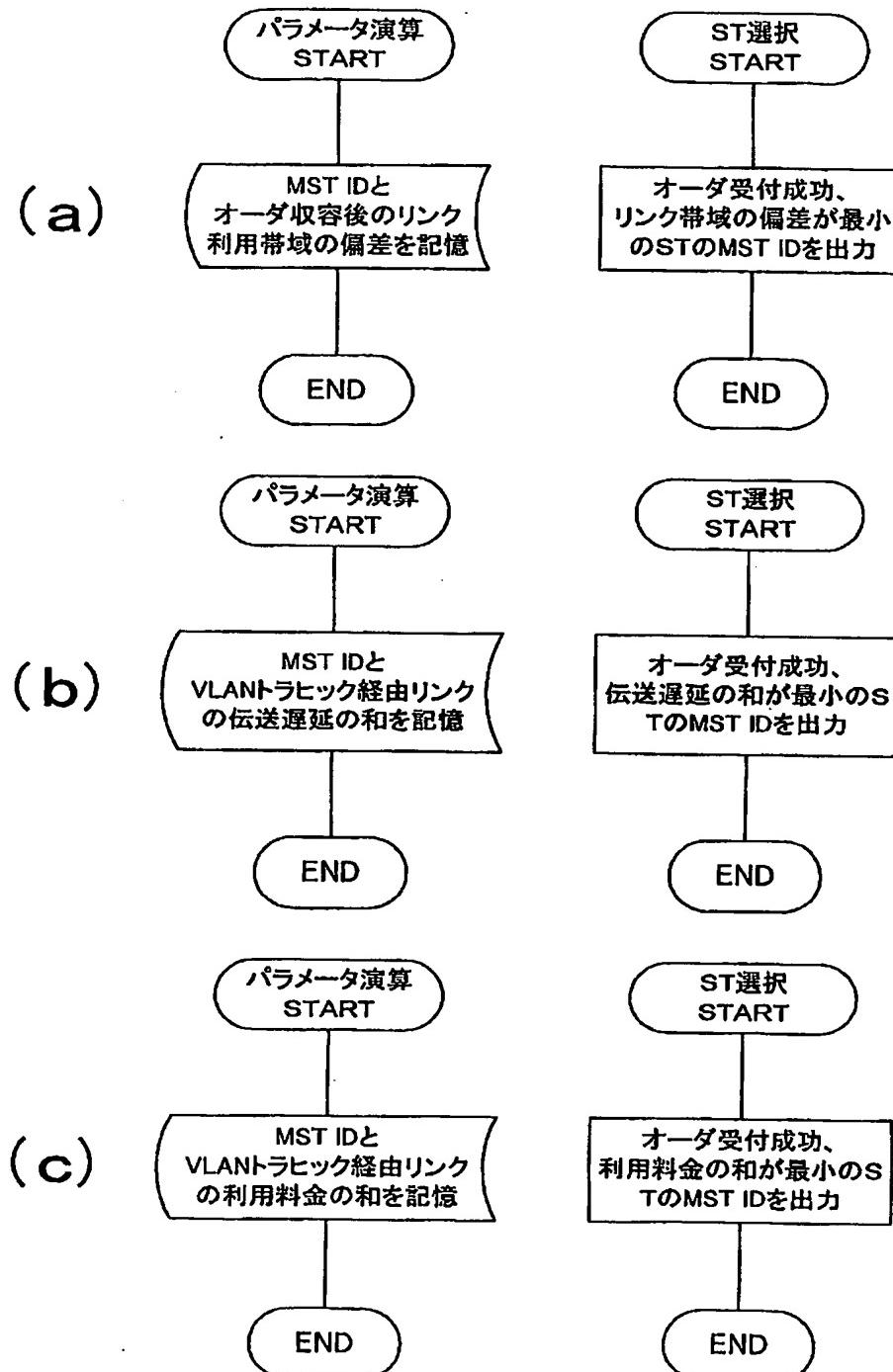


図37

38 / 40

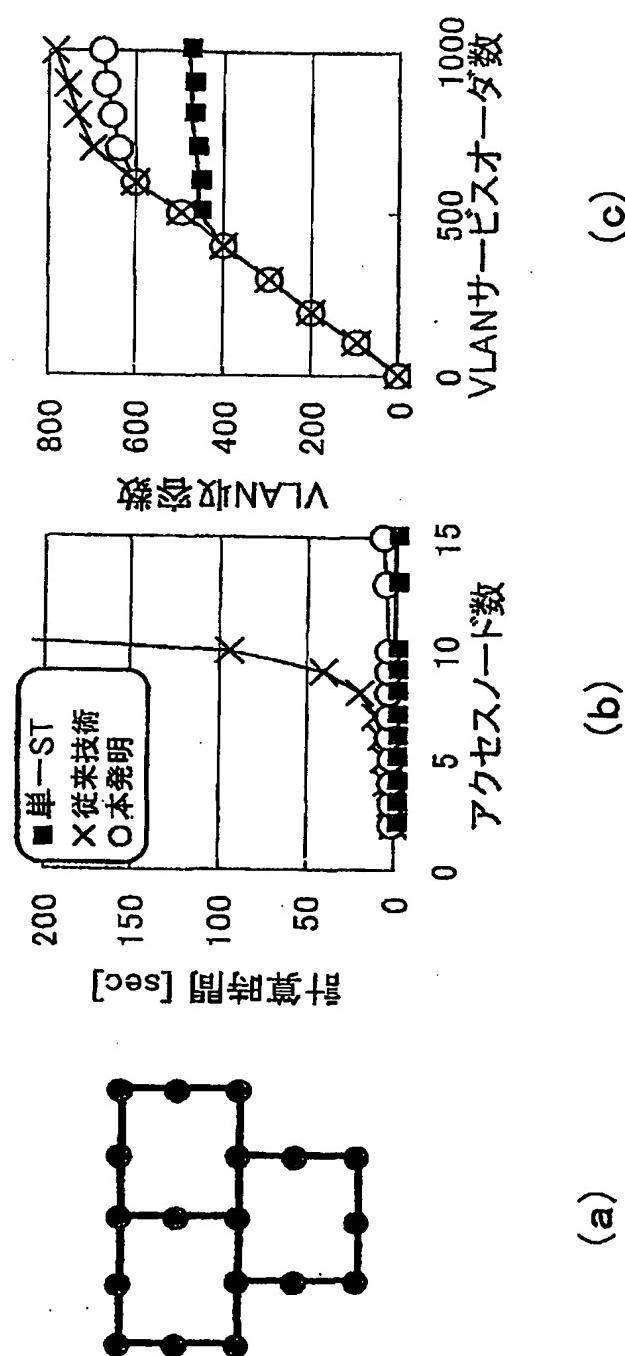
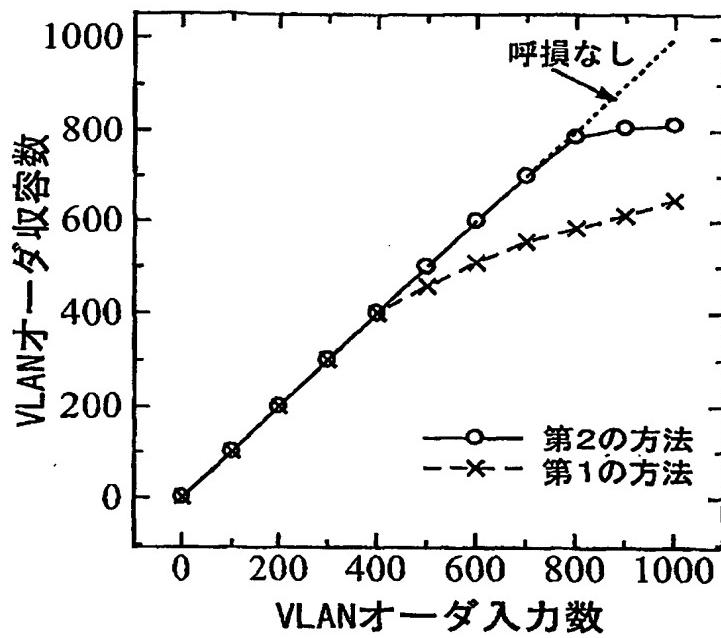


図38

39/40

(a)



(b)

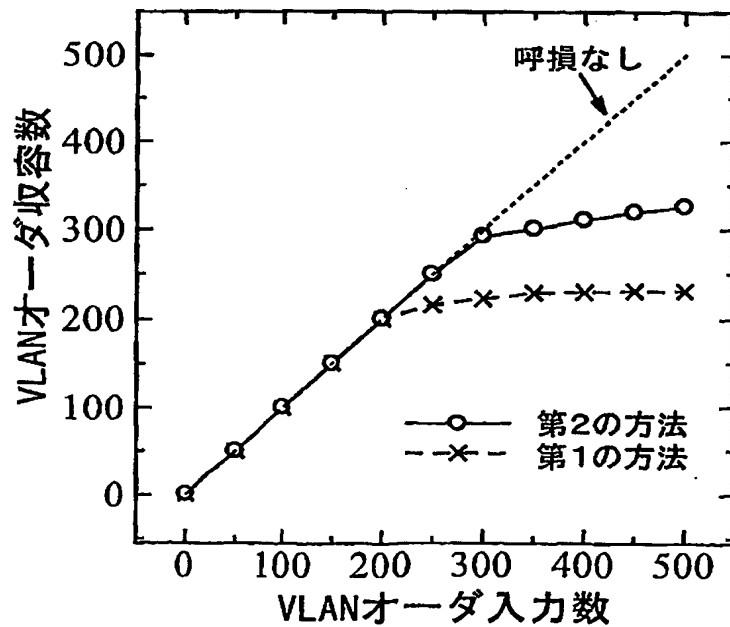


図39

40 / 40

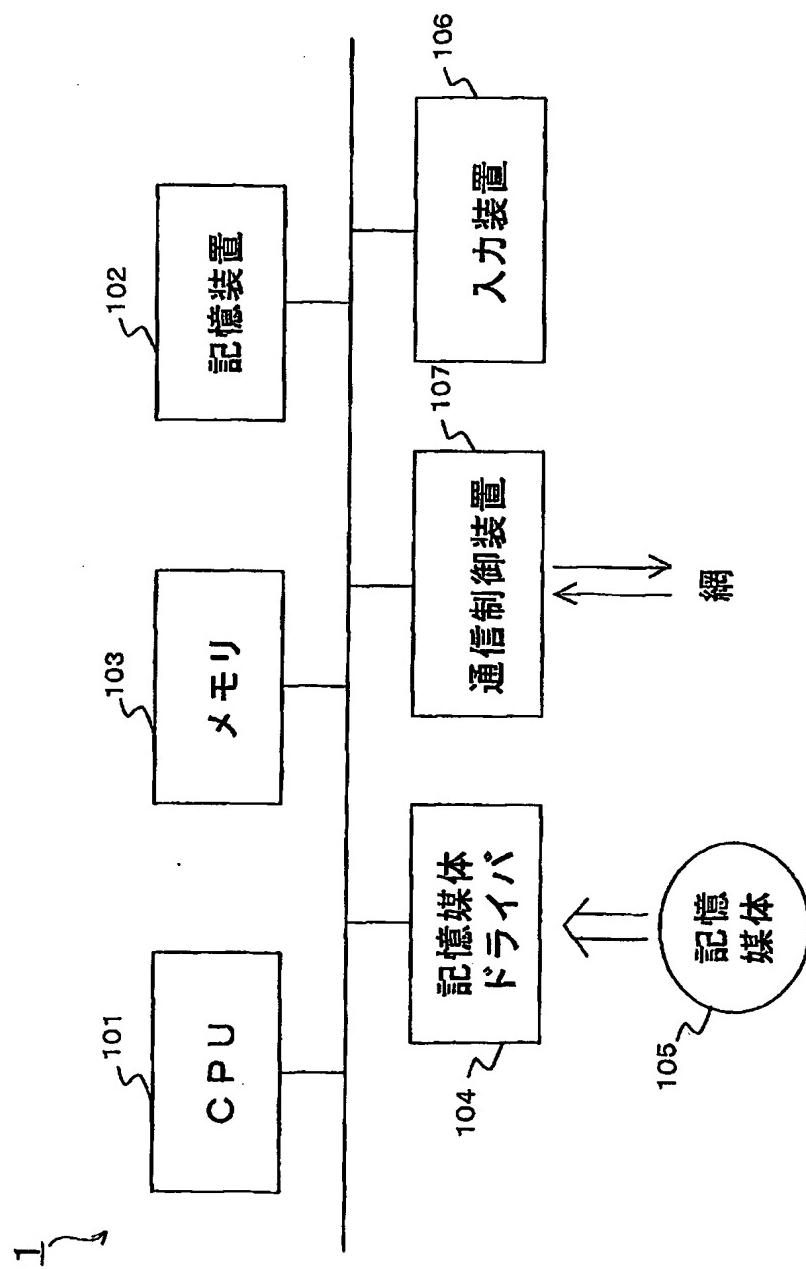


図40

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/01797

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H04L12/46

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ H04L12/00-12/66

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
 Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-204247 A (Net One Systems Kabushiki Kaisha), 09 July, 2002 (09.07.02), Full text; Figs. 1 to 25 (Family: none)	1-20
A	JP 2001-268104 A (Anritsu Corp.), 28 September, 2001 (28.09.01), Full text; Figs. 1 to 9 (Family: none)	1-20
A	JP 2002-314573 A (Allied Telesis Kabushiki Kaisha), 25 October, 2002 (25.10.02), Full text; Figs. 1 to 6 (Family: none)	1-20

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
---	--

Date of the actual completion of the international search
23 May, 2003 (23.05.03)

Date of mailing of the international search report
03 June, 2003 (03.06.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/01797

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0740441 A2 (SUN MICROSYSTEMS INC.), 30 October, 1996 (30.10.96), & US 5684961 A & JP 9-51342 A	1-20

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
Int. C17 H04L12/46

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））
Int. C17 H04L12/00-12/66

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996
日本国公開実用新案公報	1971-2003
日本国実用新案登録公報	1996-2003
日本国登録実用新案公報	1994-2001

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2002-204247 A (ネットワンシステムズ株式会社) 2002.07.09, 全文, 第1-25図 (ファミリーなし)	1-20
A	JP 2001-268104 A (アンリツ株式会社) 2001.09.28, 全文, 第1-9図 (ファミリーなし)	1-20
A	JP 2002-314573 A (アライドテレシス株式会社) 2002.10.25, 全文, 第1-6図 (ファミリーなし)	1-20

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
- 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
- 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
- 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
- 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
- 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
- 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
- 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

23.05.03

国際調査報告の発送日

03.06.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）
宮島 郁美

5X 8523



電話番号 03-3581-1101 内線 3595

C(続き) .	関連すると認められる文献	関連する 請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
A	EP 0740441 A2 (SUN MICROSYSTEMS INC.) 1996. 10. 30 & US 5684961 A & JP 9-51342 A	1-20